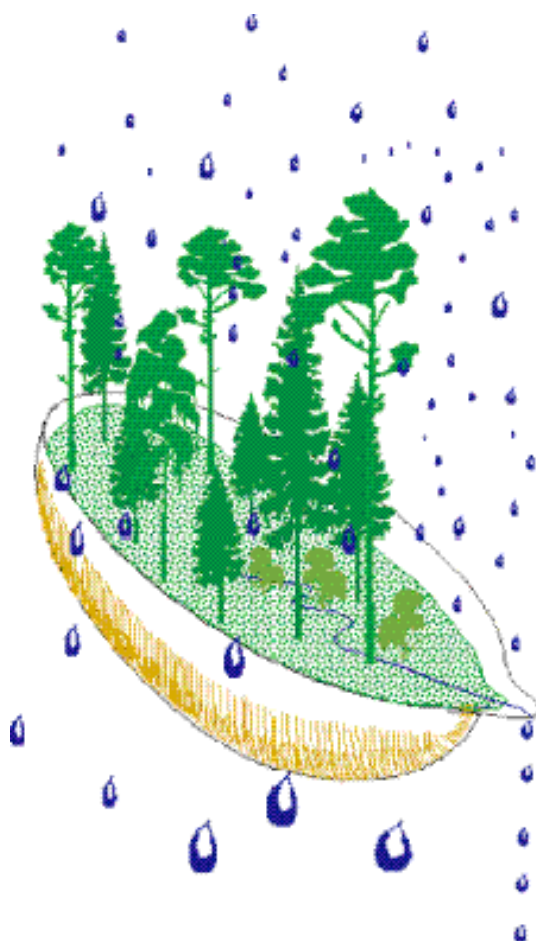


Integrerad övervakning av miljötillståndet i svensk skogsmark – IM

Årsrapport 2005

Integrated monitoring of the environmental status
in Swedish forest ecosystems – IM

Annual report for 2005



Stefan Löfgren (red.)

Integrerad övervakning av miljötillståndet i svensk skogsmark – IM Årsrapport 2005

Integrated monitoring of the environmental status
in Swedish forest ecosystems – IM
Annual report for 2005

Stefan Löfgren (red.)

Institutionen för Miljöanalys
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 7050
750 07 Uppsala
Tel. 018 – 67 31 10
<http://www.ma.slu.se>

Tryck: 100 exemplar, Institutionen för Miljöanalys, Uppsala, juli 2007.

ISSN: 1403-977X

Förord

Naturvårdsverkets miljöövervakningsenhet genomför Integrerad övervakning av miljö-tillståndet i skogsekosystem (IM) inom programområdet ”Skog”. Övervakningen är relaterad till FN-konventionen om effekter av långtransporterade luftföroreningar ”Long-range transboundary air pollution – LRTAP 1979” (UN/ECE). IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL), Sveriges geologiska undersökning (SGU) och Institutionen för miljöanalys vid SLU (IMA, SLU) utför övervakningen på uppdrag av Naturvårdsverket.

Miljöövervakningen omfattar ekosystemstudier på avrinningsområdesnivå med bestämmningar av vattenbalans, kemiska ämnesbudgetar och effekter på biota, främst vegetation och studier av markprocesser. Utförarna ansvarar för olika delprogram i ett integrerat system där IVL följer depositionen av ämnen, SGU undersöker markens fysikaliska och mineralologiska egenskaper och följer processer i grundvattnet medan IMA, SLU följer klimat och avrinning, markkemi och -biologi, vegetation samt samordnar verksamheterna. Till detta kommer ett särskilt ansvar för IVL vad avser undersökningsområdet Gårdsjön i Bohuslän. Prov- och datainsamling vid detta område genomförs i huvudsak av IVL, Göteborg, med Hans Hultberg som utförare.

Huvudansvariga för IM:s olika delmoment och de som bidrar med data till denna och annan rapportering framgår av nedanstående Tabell:

Samordning och internationella kontakter	Lars Lundin, SLU
Deposition, krondropp	Gunilla Pihl Karlsson, IVL
Meteorologi, hydrologi, datahantering	Lars Lundin, SLU
	Hans Hultberg, IVL
Markemi, biologi, vatten & förnämning	Lage Bringmark, SLU
Markfysik, grundvatten	Mats Aastrup, SGU
Bäckvatten	Stefan Löfgren, SLU
	Hans Hultberg, IVL
Vegetation inkl. träd, epifytalger & -lavar	Ulf Grandin, SLU

För mer utförlig information om de olika delmomenten hänvisas till dessa personer.

Provtagning och observationer genomfördes i områdena huvudsakligen av Ulla Hageström, Gårdsjön, Fredrik Zetterqvist, Aneboda, Per Mossberg, Kindla och Johan Hörnqvist, Gammtratten. Insamlade prover för kemisk analys tas om hand och analyseras av ackrediterade laboratorier vid IVL och IMA, SLU. Tommy Jansson, IMA, Lotta Lewin Pihlblad, SGU och Bo Thunholm, SGU har medverkat i arbetet med att karaktärisera avrinningsområdena och att installera, underhålla och sköta driften av mätutrustning.

Textdelen av föreliggande rapport består av bidrag från Lage Bringmark, Ulf Grandin, Lars Lundin, Stefan Löfgren och Mikael Östlund. Stefan Löfgren har bearbetat dessa bidrag och färdigställt rapporten i dess nuvarande skick. I rapporten sammanfattas resultaten från de fyra IM-områdena Gårdsjön, Aneboda, Kindla och Gammtratten under 2005. Alla rådata finns digitalt tillgängliga vid IMA, SLU på <http://info1.ma.slu.se/IM/>.

Stefan Löfgren

13 juli 2007

Innehåll

Förord	i
Innehåll	ii
Sammanfattning	1
Summary	3
1. Övervakningens bakgrund och syfte	5
2. Val av områden och undersökningsmetodik	5
Gårdsjön - SE-04	8
Aneboda - SE-14.....	8
Kindla - SE-15	9
Gammtratten – SE 16.....	9
3. Väderförhållanden 2005	10
4. Vattenbalans 2005	11
5. Modellerad vattenbalans 1997-2005	15
6. Kemiska förhållanden 2005	16
7. Stormen Gudrun orsakade stormfällning i Aneboda	18
8. Metylkviksilver – utebliven effekt av Gudrun	22
9. Metyl-kviksilver i krondropp, fallförna och mark	23
10. Kviksilver i humusskiktet – ingen återhämtning	24
Minskande Hg-deposition	24
Hg minskar inte i humusskikten	24
Hg-utlakningen styrd av löst organiskt material.....	26
Pb och Cd minskar däremot i humusskikten	26
Hg, Pb och Cd fastnar i avrinningsområdet	26
11. Aluminiumdynamiken i Kindla	27
12. Aluminiumhalterna minskar - återhämtning från markförsurning	32
Referenser	35
Appendix	36
Appendix (English).....	37

Sammanfattning

Naturvårdsverkets miljöövervakningsenhet genomför Integrerad övervakning av miljö-tillståndet i skogsekosystem (IM) inom programområdet ”Skog”. Övervakningen är relaterad till FN-konventionen om effekter av långtransporterade luftföroreningar ”Long-range transboundary air pollution – LRTAP 1979” (UN/ECE). IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL), Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) och Institutionen för miljöanalys vid SLU (IMA, SLU) utför övervakningen på uppdrag av Naturvårdsverket.

Miljöövervakningen omfattar ekosystemstudier på avrinningsområdesnivå med bestämningar av vattenbalans, kemiska ämnesbudgetar och effekter på biota, främst vegetation och studier av markprocesser. Syftet är dels att som referensområden ge relevanta bakgrundsdata, dels att söka skilja effekter av mänsklig påverkan från naturlig variation. Modellering för prognostisering av utvecklingen är ett viktigt inslag. IM programmet lämpar sig också väl till testning av modeller. Mätningarna utförs i skyddade områden med lång kontinuitet, utan skogliga aktiviteter. Deposition av luftföroreningar och potentiell klimatpåverkan är de enda mänskliga störningarna i områdena. Syftet med IM-övervakningen skiljer sig från syftena med övriga miljöövervakningsprogram genom att IM i detalj skall kunna förklara förändringar i miljön och därmed bidra till tolkningen av resultaten från de mer extensiva programmen.

Föreliggande rapport redovisar undersökningar från år 2005 och inbegriper de fyra IM-områdena Gårdsjön, Aneboda, Kindla och Gammtratten. Verksamheten under året beskrivs kortfattat i text med glimtar av intressanta resultat som framkommit. Bearbetade resultat återfinns i tabellbilagan i slutet på rapporten.

Mark och vatten i IM-områdena är jonsvaga, med permanent sura förhållanden och med tämligen höga aluminiumhalter i bäckvattnen. Endast Gammtratten uppvisade låga halter oorganiskt aluminium, på nivåer som är tämligen ofarliga för gälandande organismer som fisk (Lydersen et al. 2002). Övriga metaller uppvisade halter i bäckvattnet under de nivåer där man anser att det föreligger risk för biologisk skada. Områdena uppvisade låga halter av oorganiska näringsämnen. Gårdsjöns närhet till havet återspeglas tydligt i kemin medan de höga halterna organiskt material påverkar vattenkvaliteten i Aneboda. Kindlas kemi förefaller präglas av vattnets snabba och ytliga transportvägar i marken, vilket är en vanlig företeelse i svensk skogsmark. Gammtratten, som är beläget längst norr ut och har låg depositionsbelastning, är det minst sura området med ett medel-pH runt 5,6 och frekvent förekommande vätekarbonatalkalinitet i bäckvattnet.

Temperaturen var ca 0,4°C kallare än normalt vid Aneboda medan det var betydligt varmare än normalt i Kindla (+0,4°C) och Gammtratten (+1,0°C). Från Gårdsjön saknas årsdata p.g.a. stormskador på den meteorologiska mätutrustningen. Nederbördsförhållandena speglar temperaturunderskottet i söder med högre nederbörd än normalt vid Gårdsjön medan den var normal vid övriga stationer. Årsavrinningen var lägre än normalt från Gårdsjön medan den var normal vid övriga stationer. Jonflödet i Gårdsjön styrs i hög grad av nedfallet av havssalter, medan jonflödet i Aneboda och Kindla påverkas till ungefär lika delar av havssalttillförsel, svaveldeposition och interna biologiska processer. I Gammtratten styrs jonflödena i huvudsak av interna biologiska processer.

Kväve uppvisar en syd-nordlig gradient med högst nivåer i Gårdsjön både med avseende på lufthalter (NO₂) och N-deposition på öppet fält och i krondropp. I samtliga dessa medier har förändringarna varit tämligen små över tiden sedan 1996. Motsvarande geografiska gradienter finns även för svavel, men skillnaderna mellan områdena är mindre. Svaveldepositionen har

minskat sedan 1996, vilket överrensstämmer med den generella trenden. SO₂-halterna i luft har varit tämligen oförändrade.

Natten mellan den 8-9 januari 2005 drabbades södra Sverige av en kraftig storm som på vissa platser uppnådde orkanstyrka i byarna. Uppskattningsvis stormfölldes ca 75 miljoner m³sk i södra Sverige, vilket motsvarar ungefär en normal årsavverkning. Även IM-området i Aneboda drabbades hårt av stormen och vid den meteorologiska stationen, som är placerad på läsidan i förhållande till den förhärskande vindriktningen, uppmättes maximala vindhastigheter på över 20 m/s under ca 9 timmar. Ungefär 20% av arealen berördes av stormfällningar som endast i begränsad utsträckning nådde ned till bäcken. Under 2005 kunde det därför inte påvisas några effekter på vattenkemin i vattendraget varken med avseende på närsalter (kväve och fosfor) eller metaller t.ex. Hg.

Hg-depositionen har minskat påtagligt sedan 1970-talet liksom för de övriga långspridda metallerna Pb och Cd. Trots det har inte Hg-halterna minskat i humusskikt under de senaste 23 åren. Det har heller inte gett upphov till mätbart ökade Hg-mängder i humusskiktet, som massbalansen mellan Hg-tillförsel och Hg-utlakning indikerar. Den stora fastläggningen av Hg i avrinningsområdena, kombinerat med oförändrade eller minskande Hg-halter i humusskiktet, tyder på omfördelning av Hg i markens övre skikt. För Pb och Cd har en stark nedgång i humusskiktets halter konstaterats under motsvarande tidsperiod. Hg fortsätter följaktligen att på en tämligen hög nivå belasta de biologiska processerna i mårskiktet medan påverkan minskar för Pb och Cd. Hg-mängderna som når markytan genom krondropp och fallförna är större än de uppskattningar som ligger till grund för de europeiska Hg-belastningskartorna.

Rumsligt detaljerade Al-studier i Kindla visar att betydande grundvattenflöden, som passerar mineraljord utan allt för höga halter organiskt material innan det når bäcken, kan vara betydelsefulla tillförselkällor för Al. Vidare förefaller det som om jordarnas sammansättning i de övre 50 cm avgör om marken fungerar som ett tämligen effektivt filter för Al. Ju mer organiskt material desto bättre filter mot höga halter Al_i, men samtidigt har dessa ”filter” stor potential att frigöra mycket Al_i t.ex. i samband med surstötter efter torrperioder.

Al-halterna minskar påtagligt i markvattnet i E- och B-horisonterna i Aneboda och Kindla, vilket indikerar en pågående återhämtning från markförsurningen i inströmningsområdena, sannolikt kopplat till den minskade svaveldepositionen och den därmed lägre jonstyrkan i markvattnet. Observationen är mycket intressant och kan ha implikationer för tolkningen av behovet av att återställa markens syra-basstatus med hjälp av kalk eller aska.

Summary

The Swedish Environmental Protection Agency (SEPA) conducts Integrated Monitoring (IM) of the environmental status in forest ecosystems within the "Forest" part of Sweden's national environmental monitoring program. The monitoring is related to the Convention "Long-range transboundary air pollution – LRTAP 1979" (UN/ECE). The Swedish Environmental Research Institute (IVL), the Swedish Geological Survey (SGU) and the Department of Environmental Assessment at the Swedish University of Agricultural Sciences (IMA, SLU) perform the investigations on behalf of the SEPA.

The monitoring program includes ecosystem studies at drainage basin level with determinations of hydrological and chemical budgets as well as effects on biota, primarily the vegetation and studies of soil processes. The aims are to collect relevant background data from reference areas that can be used to separate anthropogenic disturbance of the ecosystem by air pollution from natural variation. Model simulations for prognoses of future environmental status are an important part of the program. IM also furnish possibilities to test models. The IM sites are located in protected areas where there has been little forestry activity for many decades. Atmospheric deposition of pollutants and anthropogenically induced climate change are the only human disturbances within the IM sites.

This report documents the investigations performed in 2005 on the four IM-sites Gårdsjön, Aneboda, Kindla and Gammtratten. The results are briefly described in the text, along with some highlights from the year's results. The entire set of results is included in appendixes at the end of the report.

The IM sites are base poor with permanently acidic conditions and high aluminium concentrations in soil water, groundwater and streams. Only Gammtratten exhibited inorganic aluminium concentrations at levels below those reported to be harmful to gill breathing organisms such as fish (Lydersen et al. 2002). The other metals exhibited stream water concentrations below biologically harmful levels. All sites had low concentrations of inorganic nutrients. The coastal near location was reflected in the water chemistry at Gårdsjön, while the high concentrations of organic matter influenced the water quality at Aneboda. The water chemistry at Kindla seems to mirror shallow groundwater flow paths, which is common for Swedish forests. Gammtratten is the least acid area with an average pH of 5.6 and frequently occurring hydrogen carbonate in the stream water.

At Aneboda, the annual mean temperature was 0.4°C below normal, while the opposite was the case for the two northern sites at Kindla (+0.4°C) and Gammtratten (+1.0°C). The amount of precipitation was normal at all sites except Gårdsjön, which had slightly higher precipitation than normal. Runoff was somewhat lower than normal at Gårdsjön but normal at the other sites. At Gårdsjön, the ion fluxes were dominated by Na and Cl from the precipitation of sea spray, while the ion fluxes at Aneboda and Kindla were equally influenced by sea salt, sulphur deposition and internal biological processes. Organic matter played a significant role at Aneboda. At Gammtratten, internal biological processes determined the ion fluxes.

Nitrogen exhibited a south-north gradient with the highest levels at Gårdsjön with respect to both air concentrations and N-deposition on open field and in throughfall. In all these media, the changes have been small with time since 1996. Sulphur showed a similar geographical gradient, but the differences between sites were smaller. The S-deposition has decreased since 1996, which is in agreement with the general trends in Sweden. The air concentrations of SO₂ have remained more or less constant.

The night between January 8 and 9 2005, southern Sweden was hit by a heavy storm, at some places reaching temporary hurricane wind speeds. Trees with a volume of approximately 75

million m³sk were storm felled, which corresponds to the annual harvest in entire Sweden. The IM-site at Aneboda was hit by the storm and winds speeds above 20 m s⁻¹ were recorded during 9 hours at the meteorological station, situated leeward of the predominated wind direction. Trees were wind-felled at approximately 20% of the catchment area, but the storm openings only rarely reached the stream bank. During 2005, no stream water chemistry effects could be detected regarding nutrients (phosphorus, nitrogen) or metals e.g. Hg.

Since the 1970's, the Hg deposition has decreased markedly. The deposition of the long-range transported metals Pb and Cd shows the same trend. Regardless of the Hg deposition trend, the humus layer Hg concentrations have not decreased during the last 23 years. Additionally, the Hg amounts in the humus layer have not increased, which Hg mass balances indicate. The large accumulation of Hg in the catchments, combined with the constant or decreasing Hg amounts in the humus layer, indicate a translocation of Hg within the upper soil profile. During the same time period, the concentrations of Pb and Cd have diminished tangibly in the humus layer. Thus, Hg remains a high level biological stress factor, while the perturbation is diminishing regarding Pb and Cd. At the IM-sites, the Hg deposition reaching the soils as throughfall and litterfall is larger compared to those found on the European Hg loading map.

At Kindla, Al-studies with high spatial resolution show that the groundwater flow from soils with low content of organic matter in the riparian zone can act as an important flow path to the Al input to the stream. Additionally, the chemical composition of the upper 50 cm of the soils seems to determine whether the soils can act as an efficient filter for Al. The more organic matter there is in the soil, the larger potential it has to act as an efficient filter against high inorganic Al concentrations in the groundwater. However, these Al accumulation in those "filters" has a large potential to liberate large amounts of inorganic Al e.g. during acid episodes induced by periods of dry weather.

At Aneboda and Kindla, the soil water concentrations of Al have decreased tangibly in the E- and B-horizons. This indicates an ongoing recovery from soil acidification in the recharge areas, probably connected to the reduced sulphur deposition and thereby lower ionic strength in the soil water. This observation might have implications for the interpretation of the necessity to restore the acid-base properties of the soils by adding lime and wood ash.

1. Övervakningens bakgrund och syfte

Naturvårdsverket genomför Integrerad övervakning av miljötillståndet (IM) i fyra skogsekosystem inom programområdet ”Skog”. Övervakningen är relaterad till konventionen om effekter av långtransporterade luftföroreningar ”Long-range transboundary air pollution – LRTAP 1979” (UN/ECE). Konventionsarbetet är organiserat i ett antal arbetsgrupper, varav den effekterelaterade omfattar sex övervakningsprogram (ICP) och Task Force on Health. IM utgör en av dessa och tjugotvå av Europas länder deltar. Sverige är ordförandeland medan Finland samordnar datainsamlingen och den årliga internationella rapporteringen (ICP IM Annual Report). Övervakningen omfattar ett antal obligatoriska delprogram, som alla länder skall genomföra. Sverige har dessutom valt att utföra några frivilliga delprogram, bl.a. studier av metaller, skogsskador, algpåväxt på barr och förtäring.

Övervakningen är inriktad mot att studera miljöeffekter och att undersöka konsekvenserna för hela ekosystemet av depositionen av kväve, svavel och tungmetaller. Det övergripande syftet med övervakningen i Sverige är att:

- i små, väldefinierade avrinningsområden samordna mätningar och utvärderingar så att samhällets behov av detaljerad kunskap och prognoser långsiktigt kan tillgodoses m. a. p. försurning, eutrofiering och metallpåverkan i typiska, svenska skogsekosystem,
- tillhandahålla kunskap som nationellt och internationellt kan användas som underlag för att optimera miljöförbättrande åtgärder,
- tillhandahålla kunskap som kan användas för att underlätta tolkningen av resultat från andra miljöövervakningsprogram eller forskningsprojekt,
- generera underlag till utveckling av modeller för att beräkna t. ex. kritiska belastningsnivåer (Critical Loads/Levels) och framtida miljötillstånd,
- sprida kunskap till allmänheten om vilka processer som påverkar miljötillståndet i skogen.

Miljöövervakningen utförs på avrinningsområdesnivå med bestämmningar av vattenbalans, kemiska ämnesbudgetar och effekter på biota, främst vegetation och studier av markprocesser. Mätningarna används för att särskilja effekter av mänsklig påverkan från naturlig variation. Prognostisering av utvecklingen med hjälp av matematiska modeller är ett viktigt inslag. Områdena ligger i skyddade naturmiljöer med lång kontinuitet, utan skogsbruksåtgärder. Deposition av luftföroreningar och potentiell klimatpåverkan är de enda mänskliga störningarna i områdena.

För att kunna uppfylla målsättningarna med programmet måste övervakningen vara långsiktig. IM-övervakningen skiljer sig från övriga miljöövervakningsprogram genom att IM i detalj skall kunna förklara förändringar i miljön. IM-programmet bör på sikt också kunna inrymma övervakning av klimatförändringar, ozon samt persistenta organiska föreningar (POP) och deras effekter på biotan.

2. Val av områden och undersökningsmetodik

Målsättningen att på ekosystemnivå följa vattenomsättning och biogeokemiska processer för att försöka förklara observerade effekter på biota kräver kvantitativa bestämmningar av inflöde, förråd och utflöde. För en utförlig redovisning av den metodik som används hänvisas till IM-manualen (http://www.vyh.fi/eng/intcoop/projects/icp_im/manual/index.htm, EDC 1993, SYKE 1998).

De bestämningar som görs i avrinningsområdet omfattar klimatologiska och fysikaliska förhållanden (t.ex. berggrund, jordlager och vatten), kemiska förhållanden i mark, vatten och vegetation samt biologiska förhållanden (t.ex. flora och beståndsdata). De processer som studeras är deposition, vittring, omsättning och utbyte i marken av vatten och kemiska ämnen, avdunstning och gasutbyte, upptag i levande biomassa och utflöden i avrinnande vatten från området. De övergripande samband som nyttjas är vattenbalans och hydrokemiska budgetar;

$$P = E + R + \Delta S$$

där P = nederbörd,
 E = avdunstning,
 R = avrinning och
 ΔS = ändring i vattenmagasin;

$$DEP + WEATH = UPTAKE + LEACH + \Delta POOL$$

där DEP = deposition av ämnen,
 $WEATH$ = vittring,
 $UPTAKE$ = vegetationupptag,
 $LEACH$ = utlakning och
 $\Delta POOL$ = ändring i förråd

Övervakningen av ekosystemets olika delar görs inom väldefinierade små avrinningsområden. Området bör vara så homogent som möjligt vad avser geologi och vegetation. Det bör vara i storleksordningen 10-100 ha och inneslutas av en likartad omgivning för att eliminera randeffekter. Området bör vara typiskt för regionen. Det bör ha lång kontinuitet utan skogliga åtgärder och vara fritt från störande aktiviteter, något som bäst tillgodoses i naturskyddade reservat. Området skall avvattnas av en bäck, vara fritt från sjöar och ha liten andel myrmark. Avstånd till förorenande aktiviteter och utsläpp bör vara > 50 km. Det bör också ligga så långt från havet att direkt inverkan därifrån är starkt reducerad.

I Sverige genomfördes en omfattande förändring av miljöövervakningen 1995, vilket innebar att fyra IM-områden utsågs. Dessa har successivt byggts upp. Aneboda (SE-14) etablerades 1996, Kindla (SE-15) etablerades 1997 medan Gammtratten (SE-16) etablerades under 1999. Området vid Gårdsjön (SE-04) har däremot lång kontinuitet med mätningar sedan 1970. Områdena är likartade och domineras av barrskog främst gran (Tabell 1), men lokaliserade till regioner med olika klimat och depositionsförhållanden (Figur 1). Föreliggande rapport behandlar resultaten från 2005.



Figur 1. De svenska IM-områdenas lokalisering.
Location of the Swedish IM sites.

Tabell 1. Arealer och andelar i IM-områdena (växtsamhällen enl. Nordiska Ministerrådet 1994).
Areas at the IM sites (communities according to Nordic Council of Ministers 1994).

	Aneboda		Gårdsjön		Kindla		Gammtratten	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Granskog av blåbärsristyp (<i>Vaccinium myrtillus-spruce forest</i>)	14,5	76,3	2,0	56,2	13,1	64,2	7,4	18,7
Sumpgranskog (<i>wet spruce forest</i>)	2,7	14,2	0,4	11,0	4,6	22,6	3,8	9,6
Barrblandskog av blåbärsristyp (<i>Vacc. myrt. and mixed conifers</i>)	1,1	5,8	0,3	8,1	1,0	4,6	25,3	63,9
Öppet kärr (<i>open mire</i>)	0	0	0	0	0,2	1,3	1,7	4,3
Planterad tallungskog (<i>young pine stand</i>)	0	0	0,5	15,4	0	0	0	0
Öppen fastmark (<i>open well-drained soils</i>)	0	0	0,2	4,5	0,4	2,0	0,7	1,8
Övrigt (<i>other</i>)	0,6	3,7	0,2	4,8	1,1	5,3	0,7	1,8
Avrinningsområdet total area (<i>cachment total area</i>)	18,9	100	3,6	100	20,4	100	39,6	100

Gårdsjön - SE-04

IM-området i Gårdsjön är ett litet avrinningsområde (F1) om knappt 0,04 km², dominerat av tunna (0-0,7 m) moräntäckan med hög frekvens sten och block. Området är ett av flera som undersöks med inriktning på terrester och hydrologisk forskning. Undersökningarna har pågått sedan 1970. Gårdsjön har ingått som IM-område sedan 1991. Området har varit skogklätt under hundratals år men avverkades i början av 1900-talet. Gallring utfördes 1968. Cirka 0,5 hektar i sydöstra delen av avrinningsområdet avverkades 1980 och återplanterades därefter med tall. Ett mindre område i söder (0,2 ha) ingår i en större kalyta som togs upp under 1990-talet. Boskap har betat i området fram till 1950-talet.

Läge:	Västkusten, Bohuslän, Västra Götalands län
Lat./Long:	N 58° 03' ; E 12° 01'
Rikets nät:	644295; 127668
Kartblad:	Göteborg 7B NO
Area:	3.7 ha
Altitud:	114-140 m ö.h.
Berggrund:	Yngre gnejsiga granodioriter
Årsmedeltemperatur:	+ 6.7 °C (3)
Nederbörd:	1000 mm
Avdunstning:	480 mm
Avrinning:	520 mm

Aneboda - SE-14

IM-området i Aneboda är ett 0,2 km² stort avrinningsområde mitt på Sydsvenska höglandet. Boskap har under flera århundraden nyttjat området, som sannolikt kalavverkades i mitten av 1800-talet med spontan skogsåterväxt därefter. Under tiden 1940-1955 gjordes tidvis gallringar. Undersökningar avseende mark, vegetation och vatten har pågått sedan 1982. Aneboda etablerades som IM-område 1995. Området utgörs av småbruten, ställvis mycket stor- och rikblockig morän med relativt stort inslag av fuktiga och blöta marktyper. Skogen domineras av gran med inblandning av främst tall, bok och björk. Det bör påpekas att boken föryngrar sig väl.

Läge:	Sydsvenska höglandet, Småland, Kronobergs län
Lat./Long:	N 57° 05' ; E 14° 32'
Rikets nät:	633255; 142407
Kartblad:	Växjö 5E NV
Area:	18,9 ha
Altitud:	210-240 m ö.h.
Berggrund:	Granit
Årsmedeltemperatur:	+ 5.8 °C (3)
Nederbörd:	750 mm (4)
Avdunstning:	470 mm
Avrinning:	280 mm

Kindla - SE-15

IM-området i Kindla är ett 0,2 km² avrinningsområde i centrala Bergslagen. Regionen karakteriseras av småkullig terräng och större höjder. Barrskog med inslag av sumpskog dominerar. En liten öppen myr finns. Området är kuperat med branta sluttningar med höjdskillnader på uppåt 100 m inom avstånd av endast 200 m. Skogen domineras av ca 100 årig, ogallrad gran. Många kolbottnar i området visar att skogen under tidigare sekler nyttjats till träkolframställning och alltså varit kalavverkat i omgångar. Kindla etablerades som IM-område 1996.

Läge:	Bergslagen, Västmanland, Örebro län
Lat./Long:	N 59° 45' ; E 14° 54'
Rikets nät:	662650; 144950
Kartblad:	Filipstad 11E NV
Area:	20,4 ha
Altitud:	312-415 m ö.h.
Berggrund:	Filipstadsgraniter
Årsmedeltemperatur:	+ 4.2 °C
Nederbörd:	900 mm
Avdunstning:	450 mm
Avrinning:	450 mm

Gammtratten – SE 16

IM-området i Gammtratten är ett 0,4 km² stort avrinningsområde 10 mil från N Kvarnenkusten i höjd med Umeå. Det ligger inom den mellanboreala zonen och landskapet karakteriseras som Norrlands vågiga bergkullterräng. Området är en mot sydost sluttande dalsänka mellan bergen Gammtratten (578 m) i öster och Siberget (530 m) i väster. I sluttningarnas nedre del och i botten av sänkan finns flera mindre, mestadels trädbevuxna myrar. Nedre delen av sänkan domineras helt av gran, medan tallen är riklig i sluttningarnas övre delar. Glasbjörk förekommer nästan överallt, asp och sälg här och var. Skogen är till mindre omfattning påverkad av skogsbruksåtgärder. Omkring 1900 fälldes ett antal större tallar, s.k. dimensionsavverkning, i de centrala delarna, särskilt sydväst om bäcken. Omkring 1990 låggallrades 6 hektar i avrinningsområdets nedre, sydvästra del, varav knappt 1 ha slutavverkades och planterades med gran. Låggallring innebär att mindre träd avverkas. På grund av brand, som dödat granen, finns tämligen rikligt med äldre tallar – den äldsta borrade från mitten av 1500-talet – medan granarna som regel är 100-150 år. Det finns rikligt med spår efter bränder från 1890-talet och bakåt i tiden.

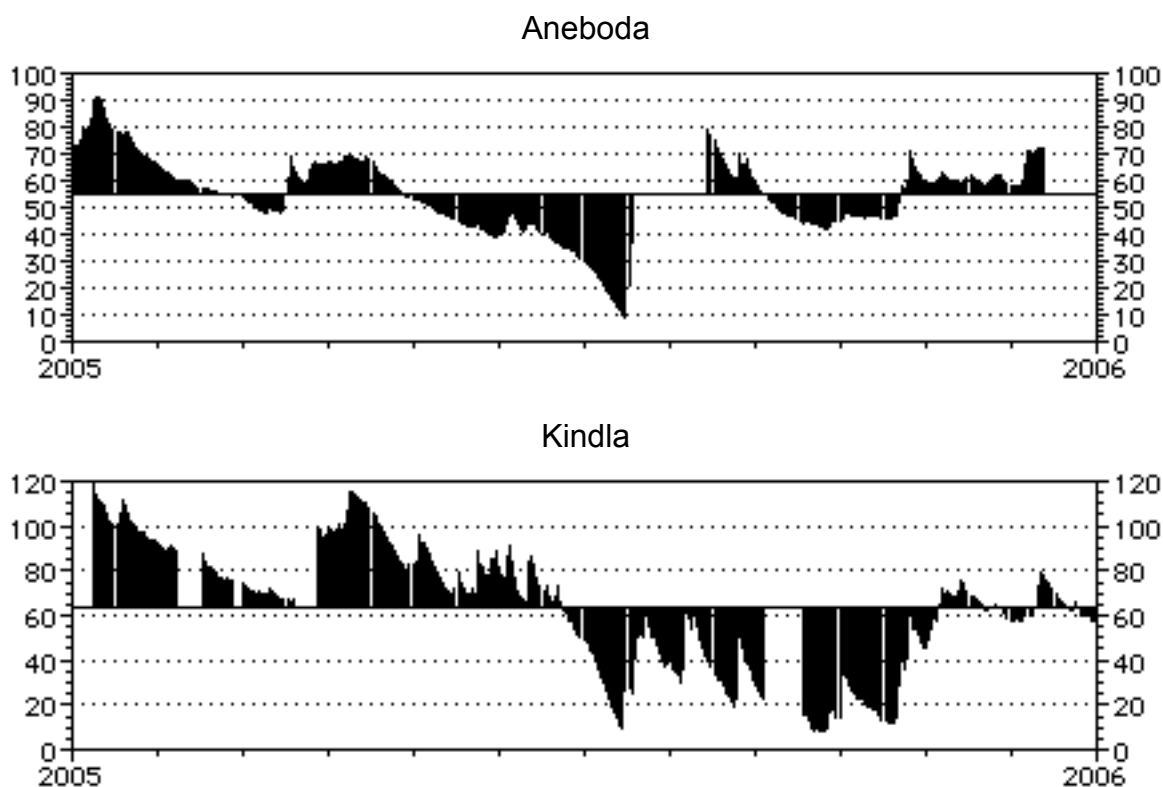
Läge:	Norra Ångermanland, Västernorrlands län
Lat./Long:	63°51'N, 18°06'E
Rikets nät:	X 70 85 71, Y 16 14 10
Kartblad:	20 I NV Björna
Area:	39,6 ha
Altitud:	högsta 545 m, lägsta 410 m
Berggrund:	Rätangranit eller liknande
Årsmedeltemperatur:	+1,2°C
Nederbörd:	750 mm
Avdunstning:	370 mm
Avrinning:	380 mm

3. Väderförhållanden 2005

Under 2005 var medeltemperaturen högre än normalt för de två nordliga IM-områdena med 1,6 °C istället för normala 0,6 °C vid Gammtratten och 4,4 °C istället för normala 4,0 °C vid Kindla. I söder var det däremot kallare än normalt med 6,0 °C lägre istället för 6,4 °C vid Aneboda. Detta är en upprepning av bilden från både 2003 och 2004 då man gått från ett temperaturunderskott i söder mot ett successivt ökande temperaturöverskott i norr. Som mest uppvisade Kindla och Gammtratten ett årligt temperaturöverskott på 0,8 °C (2003) respektive 2,8 °C (2004). Vid Gårdsjön förekom ett längre bortfall av data och därför kan inte årsmedeltemperaturen för 2005 beräknas. I Aneboda var januari varmare än normalt medan sommarmånaderna var relativt kyliga och regniga. Även i Kindla var försommaren kallare än normalt medan hösten uppvisade ett temperaturöverskott. Även i Gammtratten var försommaren kall medan höst och vinter var betydligt varmare än normalt. Särskilt november-december men även januari-februari uppvisade stora temperaturöverskott och mestadels plusgrader under månader som normalt har temperaturer under 0°C. Temperaturöverskottet, jämfört med långtidsmedelvärdet, var över 4 °C under långa perioder av senhösten-vintern (Figur 3).

Nederbördsförhållandena speglar temperaturunderskottet i söder med högre nederbörd än normalt vid Gårdsjön, delvis förklarat av ett överskott på 85 mm i januari. Aneboda uppvisade mer normala årsvärden och mer regnrika månader varvades med nederbördsfattiga. Särskilt juli-augusti var regnrika i Aneboda (Figur 3), vilket återspeglade sig i grundvattennivån som var betydligt högre än normalt i augusti (Figur 2). Kindla fick tämligen normala nederbörds-mängder med undantag av april, september och halva oktober då nederbörden var lägre än normalt. Detta resulterade i en torr sommar och höst med lägre grundvattennivåer än normalt från mitten på juni till början på november (Figur 2). Vid Gammtratten var regnmängden över det normala under maj-augusti medan september till november hade lägre nederbörd än normalt.

Nederbördsmönstret 2005 överensstämde ganska väl med bilden från 2004 som också uppvisade ett överskott under sommarmånaderna medan hösten var relativt torr. Mest avvikande var Gammtratten med den mycket regniga sommaren.



Figur 2. Dagliga grundvattennivåer (cm) i Aneboda och Kindla under 2005. Medelnivån under året var 145 cm och 202 cm under markytan i Aneboda respektive Kindla. I figuren anges grundvattennivån relativt medelnivån för tryckgivarna på 200 cm och 268 cm markdjup i Aneboda respektive Kindla.

Daily groundwater levels (cm) at Aneboda and Kindla during 2005. The annual mean level was 145 cm and 202 cm below soil surface at Aneboda and Kindla, respectively. In the figure, the groundwater levels are relative to the pressure detectors at 200 cm and 268 cm soil depth at Aneboda and Kindla, respectively.

4. Vattenbalans 2005

Vattenbalansen för IM-områdena 2005 visar en årsavrinning, som var tämligen olika för områdena med ca 500 mm vid Gårdsjön och Gammtratten medan Aneboda och Kindla låg på ca 250 mm (Tabell 2). Avrinningen utgjorde 35-61% av årsnederbörden. Andelen var högst i Gammtratten dels på grund av lägre temperatur och avdunstning än längre söderut och dels på grund av den intensiva avrinningen under snösmältningen. För Gårdsjön var andelen 47% främst orsakad av hög avrinning under vintermånaderna. Under 2004 var skillnaden i avrinningens andel av nederbörden något mindre med ett intervall om 37-58%. Aneboda och Kindla uppvisade under 2005 relativt låg avrinning (244 respektive 268 mm) medan Gårdsjön och Gammtratten hade relativt hög avrinning (508 respektive 502 mm).

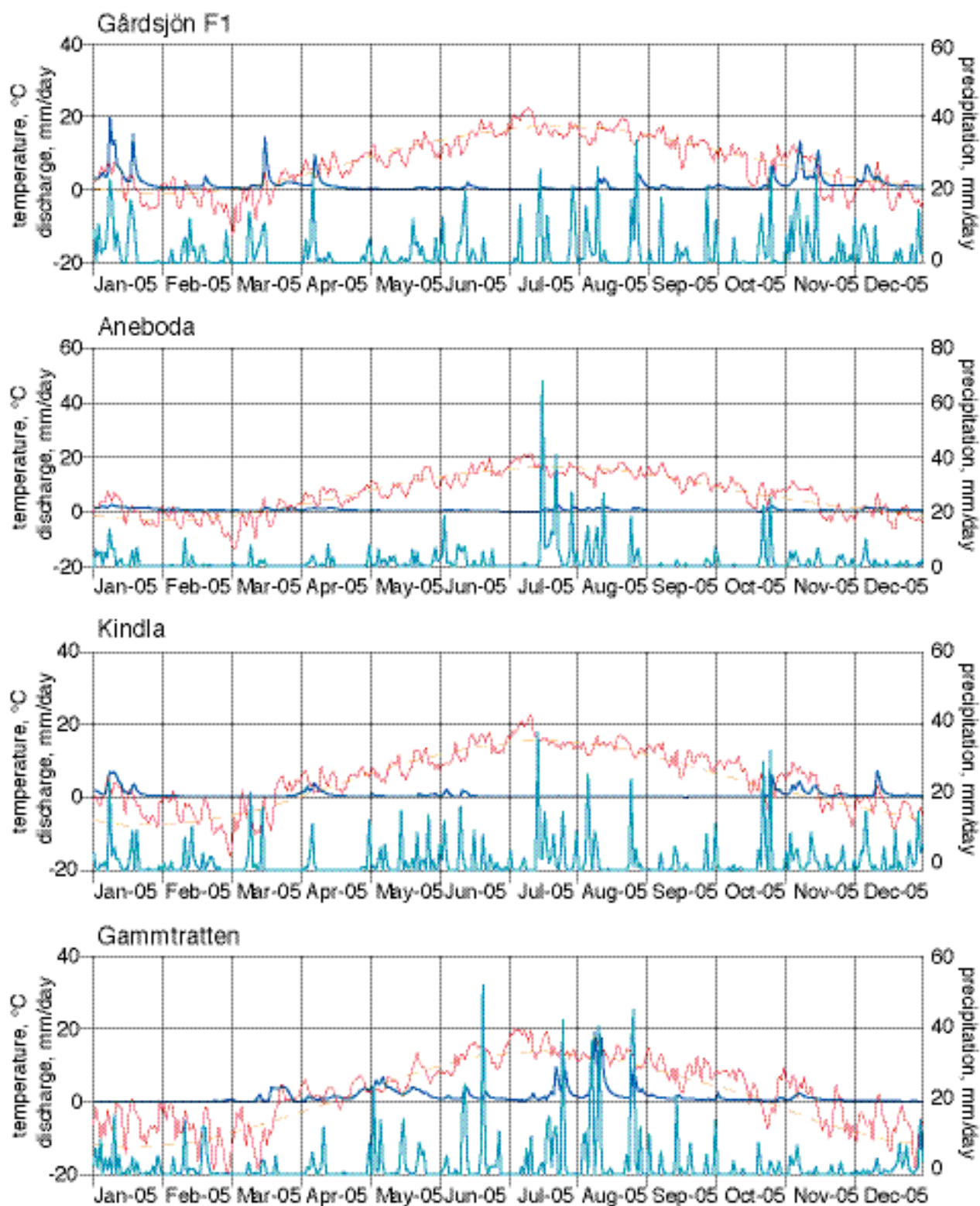
Skillnaden mellan nederbörd (P) och avrinning (R) består av avdunstning inklusive förändringar i markvatten- och grundvattenmagasinet. Under 2005 varierade denna skillnad mellan 56% och 65% av årsnederbörden vid Aneboda, Kindla och Gårdsjön (Tabell 2). Vid Gammtratten var motsvarande värde 42%, vilket motsvarade 323 mm. De tre områdena i södra Sverige uppvisade betydligt högre värden ($P-R=425-579$ mm) med Gårdsjön i topp. Överensstämmelsen mellan områdena är i stort sett bra men kronavdunstningen i Aneboda var anmärkningsvärt låg (225 mm) och jämförbar med den låga kronavdunstningen i Gammtratten (256 mm) och Kindla (299 mm). Stormen Gudrun orsakade betydande stormfällningar i krongroppslinjen i Aneboda, vilket sannolikt bidragit till den låga kronavdunstningen. Den relativt låga kronavdunstningen i Gammtratten förklaras dels av klimatläget och dels av ett tämligen glesa trädbestånd.

Avrinningsregimen var normal för Gårdsjön med stor avrinning höst och vinter (Figur 4). Vid Aneboda var avrinning tämligen jämt fördelad under året men med något lägre värden sommartid och något högre avrinning vintertid. Bergslagsområdet Kindla har vanligtvis en utpräglad vårflod och tämligen höga vattenflöden i samband med höstregn. Under 2005 var det dock en anmärkningsvärd hög avrinning under vintern vilket orsakade en mycket begränsad vårflod. Sommaren uppvisade normala, låga flöden, vilket är att förväntas år med måttliga regnmängder (Tabell 2). Även Gammtratten uppvisade en ovanligt låg avrinning i samband med snösmältningen och jämfört med den normala vattenregimen i norra Sverige (Figur 4) med liten avrinning under vintern och en påtaglig vårflod i april-maj, Med undantag av juni, som var tämligen torr, uppvisade avrinningen under sommar- och höstmånaderna en tämligen liten variation.

Tabell 2. Sammanfattning av 2005 års vattenbalanser i IM-områdena.
 Kronavdunstning = Nederbörd – krondropp.
Compilation of the 2005 water balances for the four Swedish IM sites.
Nederbörd, P – Precipitation, Krondropp, TF – Throughfall,
Kronavdunstning - Interception, Avrinning, R – Water runoff

	Gårdsjön SE04		Aneboda SE14		Kindla SE15		Gammtratten SE16	
	mm	% av nbd	mm	% av nbd	mm	% av nbd	mm	% av nbd
Nederbörd ¹ , öppet fält, P	1087	100	669	100	775	100	825	100
Krondropp ¹ , TF	742	68	444	66	476	61	569	69
Kronavdunstning, P-TF	345	32	225	34	299	39	256	31
Avrinning, R	508	47	244	36	268	35	502	61
Nederbörd – avrinning, P-R	579	53	425	64	507	65	323	39

¹ Uppmätta värden av IVL.



Figur 3. Dygnsvärden (mm/dag) på nederbörd (turkos linje), avrinning (blå linje) och temperatur (röd linje) under 2005. Streckad röd linje är medeltemperaturen (1961-1990) från referensstationerna Alvhem (Gårdsjön), Växjö (Aneboda), Knön (Kindla) och Fredrika (Gammtratten).
Daily values (mm/day) on precipitation (turquoise line), discharge (blue line) and temperature (red line) during 2005. Broken red line shows long-term average (1961-1990) from the reference stations Alvhem (Gårdsjön), Växjö (Aneboda), Knön (Kindla) and Fredrika (Gammtratten).

Tabell 3. Modellberäknade vattenbalanser (mm) för IM-områdena 1997-2005. Vattenbalansen är osäker för Gammtratten, vilket bl.a. framgår av den extremt höga avrinningen år 2000 (Löfgren 2002).
Modelled water balances (mm) for the IM sites 1997-2005.

Station	År	Nederbörd ¹⁾	Avdunstning ²⁾	Avrinning ³⁾	Markvatten ⁴⁾	Snö ⁵⁾
Gårdsjön	1997	1015	513	483	16	-2
Gårdsjön	1998	1222	526	704	1	-3
Gårdsjön	1999	1385	548	833	4	2
Gårdsjön	2000	1319	570	765	-12	-1
Gårdsjön	2001	954	548	408	-2	0
Gårdsjön	2002	1191	530	619	-1	32
Gårdsjön	2003	986	486	514	-37	27
Gårdsjön	2004	1132	513	613	6	5
Gårdsjön	2005	1022	565	464	-21	21
Medel		1136	533	600		
Aneboda	1997	675	408	261	20	-22
Aneboda	1998	873	460	401	11	3
Aneboda	1999	821	461	347	-2	16
Aneboda	2000	927	533	383	18	-5
Aneboda	2001	748	471	322	-62	13
Aneboda	2002	859	461	421	6	-30
Aneboda	2003	834	507	308	20	0
Aneboda	2004	1013	523	489	5	-2
Aneboda	2005	734	448	309	-28	6
Medel		832	475	360		
Kindla	1997	850	409	350	2	88
Kindla	1998	857	414	508	27	-87
Kindla	1999	951	463	430	-10	70
Kindla	2000	1219	501	767	-9	-46
Kindla	2001	788	412	407	-3	-34
Kindla	2002	840	409	392	-1	39
Kindla	2003	827	453	400	35	-58
Kindla	2004	890	458	446	-14	1
Kindla	2005	907	463	399	-14	55
Medel		903	442	455		
Gammtratten	1997	706	402	392	-4	-84
Gammtratten	1998	994	453	586	14	-67
Gammtratten	1999	979	456	520	-9	13
Gammtratten	2000	1397	515	906	18	-46
Gammtratten	2001	1135	454	593	-22	109
Gammtratten	2002	720	413	367	1	-61
Gammtratten	2003	990	474	518	4	-7
Gammtratten	2004	954	480	477	0	-3
Gammtratten	2005	1009	532	500	0	-26
Medel		987	464	540		

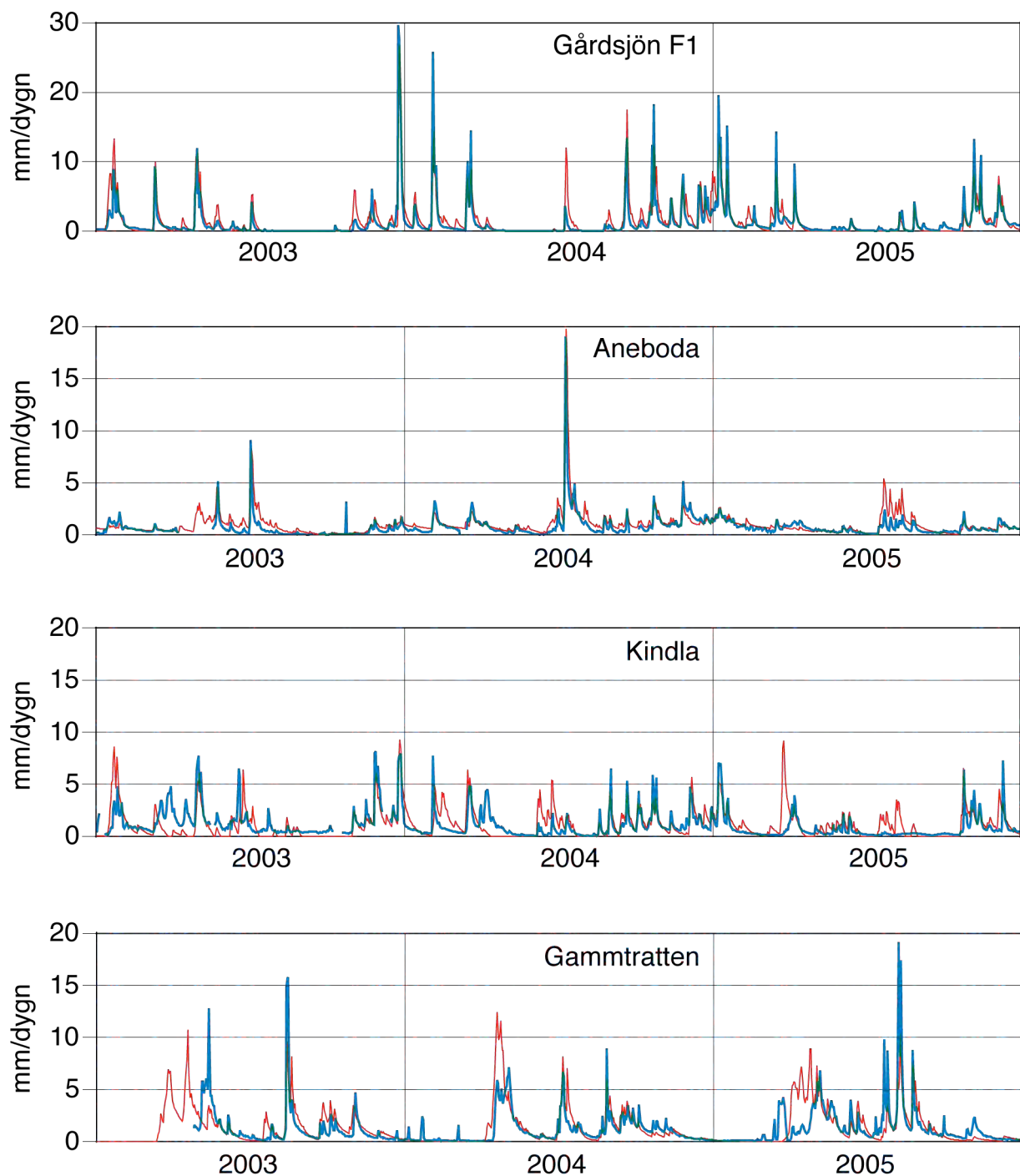
¹⁾ Korrigerad dygnsnederbörd i Gårdsjön, IVL i Aneboda, Nyberget respektive Fredrika

²⁾ Avdunstning enligt modellen

³⁾ Avrinning enligt modellen

⁴⁾ Markvattenhalt vid slutet av året minus markvattenhalt vid början av respektive år

⁵⁾ Snöns vattenekvivalent vid slutet av året minus vattenekvivalenten vid början av respektive år



Figur 4. Modellerad (röd linje) och observerad (blå linje) avrinning från IM-områdena 2003-2005.
Simulated (red line) and observed (blue line) discharge at the IM sites in 2003-2005.

5. Modellerad vattenbalans 1997-2005

För att få en uppfattning av osäkerheten i beräkningarna har vattenbalansen även modellerats på dygnsbasis med hjälp av en simuleringsmodell (Q-modellen, Kvarnäs 2000). I Figur 4 visas några resultat från kalibreringsarbetet med Q-modellen. I modellen beräknas avdunstningen som potentiell evapotranspiration reducerad med avseende på modellerad markvattenhalt. Dygnsdata på nederbörd och temperatur driver modellen. Osäkerheten i nederbördsdata är vid modellberäkningarna helt avgörande för avdunstningen eftersom modellen kalibreras mot avrinningen och avdunstningen blir något av en "restterm". Simulerade årsvisa vatten-

balanser under perioden 1997-2005 har med undantag för Gammtratten gett god överensstämmelse mellan beräknad och observerad avrinning sett på årsbasis (Tabell 2&3). Orsaken till detta är bl.a. att Q-modellen drivs med vädret vid SMHI-stationen Fredrika, som avviker betänkligt från de värden som uppmäts i IM-området (jfr. t.ex. nederbörd i Tabell 2&3).

6. Kemiska förhållanden 2005

Följande kortfattade karaktärisering av det kemiska tillståndet i IM-områdena under 2005 baseras på de medelhalter som finns redovisade i tabellbilagan till denna rapport. För närmare beskrivning av antalet observationer, statistisk spridning etc. hänvisas till dessa tabeller.

Svaveldioxidhalterna i luft låg under 2005 nära de medelnivåer som registrerats sedan mätningarna påbörjades 1996 (i Gammtratten påbörjades mätningarna 1999). I Gårdsjön och Aneboda motsvarar medelnivån $0,4-0,5 \mu\text{g SO}_2 \text{ m}^{-3}$ och i Kindla och Gammtratten ca $0,25-0,35 \mu\text{g SO}_2 \text{ m}^{-3}$. Kvävedioxidhalterna i luft låg ca $0,1 \mu\text{g NO}_2 \text{ m}^{-3}$ under långtidsmedelvärdet i Gårdsjön, medan de låg på samma nivå i de övriga tre områdena. Ozonhalterna i Gårdsjön har sedan 2002, då mätningarna påbörjades, visat en sjunkande trend med ca $2 \mu\text{g O}_3 \text{ m}^{-3}$. Men med tanke på den korta mätperioden är det för tidigt att uttala sig om eventuella trender, då den naturliga mellanårsvariationen är stor beroende på skiftande väderförhållanden.

Depositionen på öppen mark hade låg jonstyrka i samtliga fyra IM-områden, motsvarande en konduktivitet på $1,1-1,9 \text{ mS m}^{-1}$. Gårdsjöns närhet till havet och en betydande torrdeposition av havssalter framträder dock tydligt i krondroppets konduktivitet på ca $6,1 \text{ mS m}^{-1}$, att jämföra med $2,2$ och $2,9 \text{ mS m}^{-1}$ i Aneboda respektive Kindla. I Gammtratten var konduktiviteten endast $1,0 \text{ mS m}^{-1}$ i krondroppet, vilket var $0,1 \text{ mS m}^{-1}$ lägre än på öppet fält, indikerande marginell påverkan av havssalt och ett eventuellt upptag av joner i trädskronorna. Markvatten, grundvatten och bäckvatten hade endast $0-2 \text{ mS m}^{-1}$ högre jonstyrka än krondroppet i Kindla och Gammtratten, vilket indikerar snabba transportvägar i marken och kort tid för modifiering av nederbördsvattnet. I Gårdsjön och Aneboda var ledningsförmågan $1,5-1,8$ respektive $2,5-5,5$ så hög i dessa medier jämfört med krondroppet, vilket indikerar större påverkan från markkemiska processer särskilt i Aneboda.

Kiselhalterna i mark- och grundvatten i Gårdsjön, Kindla och Gammtratten låg i normalt intervallet $2-5 \text{ mg L}^{-1}$. I Aneboda observerades $5-6 \text{ mg Si L}^{-1}$ i bäcktorven och grundvattnet i utströmningsområdet, vilket indikerar längre omsättningstider och större påverkan av markprocesser. Även i Gammtrattens grundvatten i utströmningsområdet låg kiselhalten på denna något högre nivå. Kiselhalterna i bäckvattnet varierade mellan $2,4-3,8 \text{ mg Si L}^{-1}$ i samtliga områden.

Depositionen på öppen mark uppvisade små skillnader i pH mellan områdena. Samtliga mätstationer uppvisade ett $\text{pH}=4,85\pm0,1$. I krondropp var pH $0,1-0,2$ enheter högre än på öppet fält förutom i Gårdsjön där pH var ca $0,1$ pH-enhet lägre i krondroppet och i Aneboda där krondroppet hade $0,4$ enheter högre pH. I mark- och grundvattnet i inströmningsområdena i Gårdsjön, Aneboda och Kindla var pH på samma nivå eller något lägre än i krondroppet. I Gammtratten var det något högre pH i marken. I utströmningsområdena var pH något högre ($\text{pH}\approx 5,3$) än i krondroppet i Aneboda, Kindla och Gammtratten och något surare i Gårdsjön ($\text{pH}<4,6$). Mark- och grundvattnets buffertkapacitet, ANC, var i huvudsak låga eller negativa ($<0,06 \text{ mEq L}^{-1}$) i avrinningsområdets övre delar, förutom i Gammtratten där negativt ANC inte förekom i marken. I Aneboda var ANC ovanligt högt i E-horisonten ($0,16 \text{ mEq L}^{-1}$). I grundvattnet i utströmningsområdena var buffertkapaciteten tämligen hög ($\text{ANC}>0,06 \text{ mEq L}^{-1}$) med förekomst av vätekarbonatalkalinitet på $0,15 \text{ mEq L}^{-1}$ i Aneboda och $0,03 \text{ mEq L}^{-1}$ i Gammtratten. Det senare indikerar tillförsel av äldre grundvatten alternativt högre vittringsintensitet i dessa områden, men inte i Kindla där både pH och alkaliniteten var låga överallt i

marken. ANC var däremot tämligen högt ($0,14 \text{ mEq L}^{-1}$) i grundvattnet i utströmningsområdet, vilket indikerat högre buffertkapacitet på grund av humus. Även grundvattnet i utströmningsområdet i Gårdsjön uppvisade positiv ANC ($0,03 \text{ mEq L}^{-1}$) sannolikt kopplat till det organiska materialet.

Även bäckvattnet var påtagligt surt ($\text{pH} \leq 4,7$) i samtliga områden förutom Gammtratten, men avrinningen i Aneboda och Gammtratten uppvisade ett positivt ANC i motsats till Gårdsjön och Kindla, vilka var sura med negativa ANC ($-0,034 \text{ mEq L}^{-1}$). Ytvattnet i Gammtratten var det mest välbuffrade med ett $\text{pH} \approx 5,6$ och ett $\text{ANC} \approx 0,09 \text{ mEq L}^{-1}$. Gårdsjön och Kindla var följaktligen betydligt surare än de båda andra områdena. I Gårdsjön är det sannolikt den höga historiska belastningen av sur nederbörd i kombination med avrinningsområdets egenskaper som gör mark och avrinning sura, medan den senare faktorn sannolikt har störst betydelse för surhetstillståndet i Kindla.

Fördelningen mellan sulfat, klorid och nitrat var tämligen jämn i nederbörden på öppet fält i Aneboda och Kindla, medan andelen klorid var betydligt högre i Gårdsjön och lägre i Gammtratten. Påverkan av havssalter i södra Sverige framträdde ännu tydligare i krondroppet där klorid var den dominerande anjonen både i Gårdsjön, Aneboda och Kindla. I samtliga områden förekom betydande inslag av organiska anjoner i krondroppet. Sulfat dominerade de oorganiska anjonerna i marken i Kindla och Gammtratten samt var på samma nivå som klorid i Aneboda. Detta indikerar att stora mängder sulfat tillförs mark- och grundvatten från källor i marken både i in- och utströmningsområdena (jfr. Löfgren 1999, 2000). I Gårdsjön var klorid den klart dominerande anjonen i det vatten som passerat marken, men sulfathalterna tyder även där på att svavel tillfördes från marken. I Gammtratten var sulfathalten i utströmningsområdet och bäcken betydligt högre än i krondroppet, även det en indikation på att marken utgjorde en svavelkälla. Organiska anjoner dominerade anjonflödet i bäcken i Gammtratten, medan det inte översteg en fjärdedel i Gårdsjön, Aneboda och Kindla.

I depositionen på öppet fält dominerades baskatjonerna av natrium i samtliga områden, möjligtvis med undantag för Gammtratten där höga kalciumhalter observerades vid något tillfälle. Natrium var för övrigt den mest framträdande baskatjonen i det vatten som passerat marken i samtliga områden. Kloridhalten översteg natriumhalten i samtliga områden förutom Aneboda där det omvända gällde. Ett högre utflöde av klorid än natrium indikerar katjonbyte i marken, vilket medför att baskatjoner och/eller aciditet (protoner, oorganiskt aluminium) omfördelas från det fasta materialet till avrinningen. Magnesium var den näst mest dominerande baskatjonen i Gårdsjön, medan kalcium och magnesium var på samma nivå i Aneboda och Kindla. Vätejoner utgjorde ett betydande inslag ($\geq 0,01 \text{ mEq L}^{-1}$) i samtliga medier förutom i mark- och grundvattnet i utströmningsområdena i Aneboda, Kindla och Gammtratten. Nivåerna låg normalt i intervallet $0,01\text{--}0,06 \text{ mEq L}^{-1}$ varierande beroende på vattnets ursprung.

Halterna av total- eller syralösligt aluminium var höga ($0,6\text{--}1,9 \text{ mg L}^{-1}$) i markvattnet i samtliga områden förutom Gammtratten, som uppvisade halter $\leq 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ förutom i E-horisonten (ca $1,2 \text{ mg L}^{-1}$). I grundvattnet var halterna något lägre eller på samma nivå. Halterna i bäckvattnet var lägst i Gammtratten ($0,21 \text{ mg L}^{-1}$) med högst pH (5,6) och $0,5\text{--}0,7 \text{ mg L}^{-1}$ i de andra områdena med lägre pH (4,2–4,7). Det oorganiska aluminiumet (Ali) utgjorde 41%, 21%, 48% och 9% av totalaluminiumet i Gårdsjön, Aneboda, Kindla resp. Gammtratten. Detta motsvarar ett haltintervall på $0,02\text{--}0,30 \text{ mg Ali L}^{-1}$, vilket innebär att Ali-halterna enligt Naturvårdsverkets förslag till bedömningsgrunder klassas som extremt höga i Gårdsjön och Kindla, som mycket höga i Aneboda och som låga till måttliga i Gammtratten.

Halten löst organiskt material (DOC) var betydligt högre i bäckvattnet i Aneboda (24 mg L^{-1}), än i Gårdsjön, Kindla och Gammtratten ($12, 8$ respektive 8 mg L^{-1}). Förutsättningarna för att komplexbinda metaller var följaktligen avsevärt bättre i Aneboda än i de övriga områdena. De

höga DOC-halterna i Aneboda återspeglades inte i halterna organiskt bundet kväve. I samtliga områdena låg medelhalterna i intervallet 200-270 $\mu\text{g org-N L}^{-1}$. Det organiskt bundna kvävet dominerade totalkvävet i samtliga bäckar. De oorganiska kväve- och fosforfraktionerna förekom i tämligen låga halter ($<67 \mu\text{g oorg-N L}^{-1}$, $\leq 6 \mu\text{g PO}_4\text{-P L}^{-1}$).

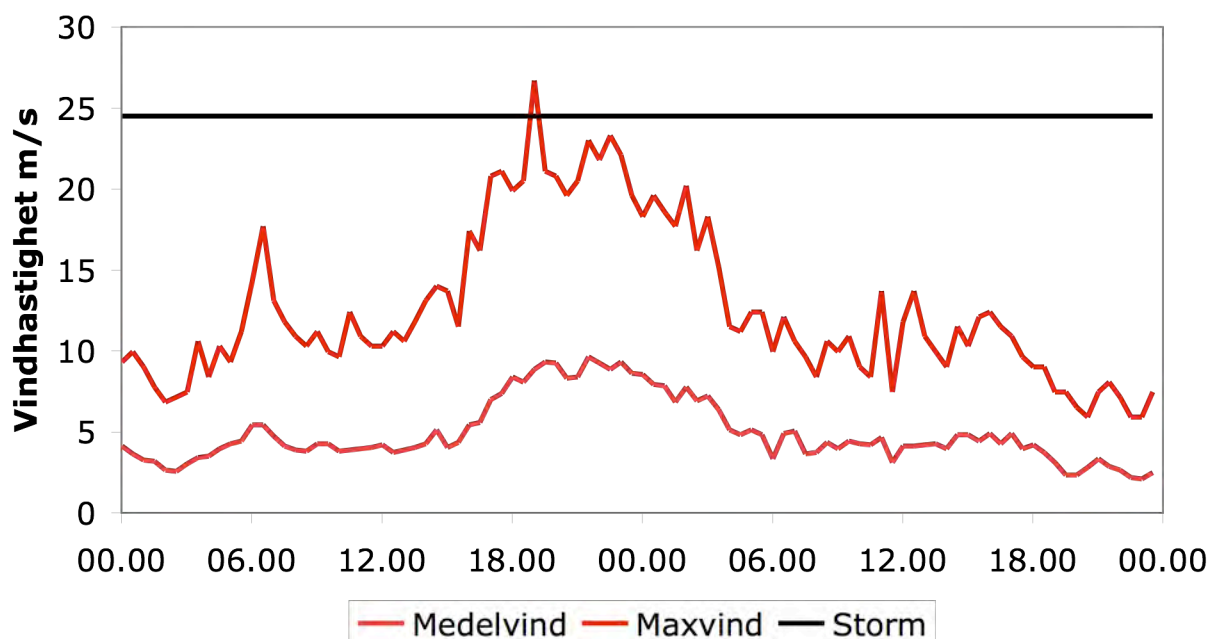
Inget av områdena hade särskilt höga järn- eller manganhalter i bäckvattnet ($<2,3 \text{ mg Fe L}^{-1}$, $\leq 0,05 \text{ mg Mn L}^{-1}$). Däremot uppmättes tämligen höga järnhalter i grundvattnet i utströmningsområdet i Aneboda ($8,9 \text{ mg Fe L}^{-1}$). Med undantag av blyhalterna i Aneboda var halterna av koppar, bly, zink och kadmium i bäckvattnet i Gårdsjön och Aneboda normalt betydligt lägre än de lägsta halterna där negativa biologiska effekter kan förväntas ($\text{Cu} > 3 \mu\text{g L}^{-1}$, $\text{Pb} > 1 \mu\text{g L}^{-1}$, $\text{Zn} > 20 \mu\text{g L}^{-1}$ och $\text{Cd} > 0,1 \mu\text{g L}^{-1}$, NV 1999). Även totalkvicksilver och metylkvicksilver analyserades i vissa medier i Gårdsjön. I bäcken var medelhalterna ca $3,5 \text{ ng Hg L}^{-1}$ respektive $0,4 \text{ ng MeHg L}^{-1}$.

Avslutningsvis kan man sammanfatta områdena som jonsvaga, med permanent sura förhållanden och med tämligen höga aluminiumhalter. Endast Gammtratten uppvisade låga halter oorganiskt aluminium, på nivåer som är tämligen ofarliga för gälandande organismer som fisk (Lydersen et al. 2002). Övriga metaller, med undantag av bly i Aneboda, uppvisade halter i bäckvattnet i Gårdsjön och Aneboda under de nivåer där man anser att det föreligger risk för biologisk skada. Områdena uppvisade låga halter av oorganiska näringsämnen. Gårdsjöns närhet till havet återspeglas tydligt i kemin medan de höga halterna organiskt material påverkar vattenkvaliteten i Aneboda. Kindlas kemi förefaller präglas av vattnets snabba och ytliga transportvägar i marken, vilket är en vanlig företeelse i svensk skogsmark. Gammtratten är det minst sura området med ett medel-pH runt 5,6 och frekvent förekommande vätekarbonatalkalinitet i bäckvattnet.

7. Stormen Gudrun orsakade stormfällning i Aneboda

Natten mellan den 8-9 januari 2005 drabbades södra Sverige av en kraftig storm som på vissa platser uppnådde orkanstyrka i byarna. Uppskattningsvis stormfälldes ca 75 miljoner m^3sk i södra Sverige, vilket motsvarar ungefär en normal årsavverkning. Även IM-området i Aneboda drabbades hårt av stormen och vid den meteorologiska stationen, som är placerad på läsidan i förhållande till den förhärskande vindriktningen, uppmättes maximala vindhastigheter på över 20 m/s under ca 9 timmar (figur 5). Även Gårdsjön drabbades i viss mån med stormfällning av 30 stora granar.

I den inventering av stormskador i Aneboda som utfördes av Skogsstyrelsen våren 2006 delades skogen i avrinningsområdet in i 18 avdelningar, baserat på skogstyp och grad av stormskada. Vid inventeringen klassades fem avdelningar som helt stormfällda (avdelning 2, 6, 10, 13 och 17 i figur 6) och den sammanlagda stormfällda arealen skattades till 3,3 ha, motsvarande 252 m^3sk . Utöver detta noterades färskas vindfällen av grupper av träd i flera av de övriga avdelningarna (figur 6). Skogsstyrelsens inventering ger dock ingen kvantifiering av mängden stormfällda träd i dessa avdelningar. Totalt angavs den totala volymen till ca 7 100 m^3sk , vilket innebär att storleksordningen 5% av biomassan stormfälldes. Uppskattningsvis påverkades 20-30% av arealen.



Figur 5. Vindhastighet (ljusröd linje = medelvind, röd linje = maxvind) registrerad 10 m över marken vid Aneboda den 8-9 januari 2005 i samband med stormen Gudrun. Svart linje = gränsen för storm
Wind speed (light red line = mean wind, red line = maximum wind) at 10 m above ground at Aneboda 8-9 January 2005 during the storm Gudrun. Black line = limit for storm.

Inom IM-programmet gjordes under sommaren 2006 en grov klassificering av stormpåverkan i de 47 cirkelytor som ingår i inventeringen av vegetation och trädbiomassa. Varje yta har formen av en åtta där trädinmätning sker i den större cirkeln och markvegetation inventeras i den mindre. En sammanställning av resultaten visar att mer än hälften av ytorna var kraftigt stormpåverkade (tabell 4). Med detta menas att ytan var täckt med flera omkullblåsta träd och/eller var påverkad av rotvältor. Ungefär en fjärdedel av ytorna uppvisade svag påverkan av stormen, d.v.s. något fallet träd som låg i ytan. Den sista fjärdedelen av ytorna var opåverkade av stormen, 11 trädytor och 12 vegetationsytor. Under sommaren 2007 kommer samtliga stormskadade trädcirkelytor i det ordinarie IM-programmet att inventeras.

Tabell 4. Andel träd- respektive vegetationsytor i Aneboda med olika stormpåverkan.
The share of tree and vegetation plots affected by storm-felled trees. Stark = strong, Svag = weak, Ingen = none.

Stormpåverkan	Andel trädytor	Andel vegetationsytor
Stark	53%	51%
Svag	23%	23%
Ingen	23%	26%

I figur 7 och 8 visas bilder från den 3 februari 2005. Figur 7 visar den stormfällda skogen i avdelning 2 och nedströms i slutningen vid bäcken i avdelning 5 (Figur 6). Rotvältorna i figur 8 fotograferades i avdelning 14.



Figur 6. Skogskarta över IM-området i Aneboda upprättad av Bo Thulin, Skogsstyrelsen, Nässjö efter inventering i slutet av april 2006. Totalt kunde 18 avdelningar urskiljas. Bakgrundsbilden utgörs av ett flygfoto från 2005. Vita rutor = grupper av vindfällda träd. Avdelning 2, 6, 10, 13 och 17 är helt stormfällda.

Forest map of the IM site at Aneboda prepared by Bo Thulin, Swedish Forestry Agency in Nässjö, based on an survey made in late April 2006. Background aerial photo is from 2005. White squares = groups of wind felled trees. The forest stands 2, 6, 10, 13 and 17 are completely wind felled.



Figur 7. Stormfällda träd i avdelning 2 vid vattendelaren (över) och avdelning 5 vid bäcken (under). Foto Stefan Löfgren, 2005-02-03.
Storm-felled trees at forest stand 2 at the water divide (upper) and at forest stand 5 in the vicinity of the Aneboda stream (lower). Photo Stefan Löfgren, 2005-02-03



Figur 8. Stormfällda träd i avdelning 14. Foto Stefan Löfgren, 2005-02-03.
Storm-felled trees at forest stand 14. Photo Stefan Löfgren, 2005-02-03

Stormfällningarna var följaktligen inte allt för areellt omfattande och nådde endast i begränsad utsträckning fram till bäcken (Figur 6 och 7). Under 2005 kunde det därför inte påvisas några effekter på vattenkemin i vattendraget varken med avseende på närsalter (kväve och fosfor) eller metaller (se nedan).

8. Metylkvikksilver – utebliven effekt av Gudrun

En markstörning av en skogsmaskin i IM-området Gårdsjön under 1999 gav påtagligt ökat utflöde av metylkvikksilver (MeHg, Munthe och Hultberg 2004) och effekten kvarstod ännu 7 år efter störningen. Det fanns därför anledning att följa utvecklingen i Aneboda. I en nyligen publicerad uppsats av Munthe et al. (2007) framgår att över stora delar av södra Sverige antas stormen Gudrun ha medfört ett kraftigt ökat läckage av metyl-Hg från skogsmark. Det ökade läckaget anges stå i proportion till graden av markskador efter stormen.

Utgående från en tvåårig mätserie från bäcken i Aneboda före och efter stormen Gudrun kunde inga statistiskt säkerställda förändringar noteras, varken i halterna Hg eller MeHg (tabell 5). Den av Munthe et al (2007) antagna ökade utlakningen av kvikksilver har följaktligen inte kunnat bekräftas. Orsaken till det uteblivna Hg-läckaget bör utredas mer.

Tabell 5. Halter av Hg och MeHg i bäcken i Aneboda 2000-01 och 2005-06, d.v.s. före och efter stormen "Gudrun" den 8-9 januari 2005.
Concentrations of Hg and MeHg in the Aneboda stream 2000-01 and 2005-06, i.e. before and after the storm "Gudrun", 8-9 January 2005.

	Hg ng L ⁻¹		MeHg, ng L ⁻¹	
	Före stormen	efter stormen	före stormen	efter stormen
Medel	8,7	11,7	1,9	2,3
Min	3,0	2,4	0,1	0,3
Max	36,3	47,0	6,2	13,0
Antal observationer	29	32	28	30

Under senare tid har man uppmärksammat skogsbrukets roll för utflödet av metyl-Hg till vattendrag efter kalhuggning och gallring. Oroande effekter har noterats i Sverige, Finland samt Kanada och i de exempel som finns överstiger MeHg inte 0,2 ng L⁻¹ i ostörda system, eller 0,6 ng L⁻¹ i störda (Bishop et al, in press). Nivåerna i bäcken i Aneboda (Tabell 5) är följaktligen mycket höga vid denna jämförelse. Halter av MeHg på 0,5-1 ng L⁻¹ i sjövattnen leder erfarenhetsmässigt till halter >1 µg g⁻¹ i svensk gädda, d.v.s. halter överstigande gränsvärdena för konsumtion av fisk. De höga halterna av löst organiskt kol (DOC) bidrar sannolikt till de höga MeHg-nivåerna i Aneboda, men någon form av störning kan inte uteslutas.

9. Metyl-kviksilver i krondropp, fallförna och mark

I Gårdsjön uppmättes MeHg-flödet i krondropp till 0,40 µg m⁻² år⁻¹ under 2005, medan motsvarande värde var 0,19 µg m⁻² år⁻¹ i Gammtratten under år 2000. I övriga områden har metaller i krondropp inte mätts under 2000-talet. Kvoten MeHg-flöde i fallförna/krondropp var 1,2 i Gårdsjön och 0,5 i Gammtratten, vilket avspeglar den relativa betydelsen av torrdeposition vid olika föroreningsbelastning.

Fallförnan är en viktig depositions väg för Hg och den farliga formen MeHg. Flödet av MeHg via fallförna har kontinuerligt följts i Gårdsjön medan en översiktlig inventering gjordes i de övriga områdena under 2003 och i Kindla delvis 2004 (Tabell 2). Den procentuella andelen MeHg av Hg i fallförnan var ca 2,0 % i Aneboda, 1,0% i Gårdsjön samt 0,8% i Kindla och Gammtratten. I Aneboda uppvisade MeHg en tydlig säsongvariation med högst deposition under vinterhalvåret. Denna säsongvariation återfanns inte i de mer lågbelastade områdena Kindla och Gammtratten.

Tabell 5. Kviksilver och metyl-kviksilver i fallförna under sommar- och vinterhalvåret 2003 (Kindla vinterhalvåret 2004). För Gårdsjön redovisas helårsvärden.
Mercury and methyl mercury in litterfall during summer and winter half-years. Note, the winter line is placed last for Kindla, first for the others. For Gårdsjön whole years presented

	Hg-halt ng g ⁻¹	MeHg halt ng g ⁻¹	Hg flux µg m ⁻²	MeHg flux µg m ⁻²
<u>Gårdsjön</u>				
2002			27	0,34
2004			49	0,37
2005			49	0,47
<u>Aneboda</u>				
nov-maj 2003	95	2,1	16	0,36
maj-nov 2003	64	1,0	11	0,17
<u>Kindla</u>				
maj-nov 2003	77	0,7	6,4	0,05
nov-maj 2004	100	0,8	7,1	0,06
<u>Gammtratten</u>				
okt-maj 2003	87	0,7	7,1	0,05
maj-nov 2003	68	0,5	4,7	0,04

Även MeHg i övre markskikt har sitt ursprung i depositionen. I humusskikten i Gårdsjön och Aneboda var andelen 0,2 % respektive 0,7% av Hg. Dessa andelar är lägre än i fallförnan och i krondroppet (Gårdsjön 2,6%, Aneboda 1,4%). I B-horisonten var andelen cirka 0,5% i båda områdena. Som jämförelse kan i blöta utströmningsområden andelen MeHg av markens Hg överstiga 12% enligt litteraturuppgifter, vilket är ett resultat av intern metylering i jord-

profilen. Toxiciteten har angetts vara 100 gånger högre för MeHg än för Hg för skogsträdsplanter, vilket med tanke på haltrelationerna i humusskikten indikerar att båda formernas toxiska verkan bör beaktas.

10. Kvicksilver i humusskiktet – ingen återhämtning

Skogens humusskikt, det s k mårskiktet, är en heltäckande receptor för nedfallande atmosfärsburna ämnen. Kvicksilver och andra metaller hålls effektivt kvar i mårskiktet och i synnerhet kvicksilver binder särskilt hårt till det organiska materialet. Eftersom en stor del av växtröterna, mykhorriser och andra markmikroorganismer är samlade i mårn är ackumuleringen av miljögifter en biologisk risk som kan ha konsekvenser för ämneskretsloppen i skogen.

Minskande Hg-deposition

Nord-sydgradienten för Hg-depositionen i Sverige är brant och parallell med gradienter för de långspridda metallerna bly (Pb) och kadmium (Cd). Detta avspeglas såväl av metallhalter i mossor (Rühling & Tyler 2001) som i deposition. Depositionsdata för Hg finns från två stationer som startades 1987, därefter har stationsantalet varierat (<http://www.ivl.se>).

Mossanalyserna visar att Hg-depositionen minskat med ca 70% under perioden 1970-1990 och att den nord-sydliga gradienten kvarstår. Tidsserien startade i samband med att den industriella föroreningsbelastningen låg på sin maximala nivå (Rühling & Tyler 2001). Enligt beräkningar av EMEP, det europeiska nätverket för mätning av långväga luftföroreningar, minskade den svenska Hg-depositionen med ytterligare ungefär 20% under perioden 1990-2000 (omräkning från EMEP 2004). Den svenska minskningen angavs ligga nära medianvärdet för europeiska länder. Tyskland utmärkte sig med hela 70 % minskning under samma tid, vilket sannolikt kan tillskrivas industrinedläggningar i forna DDR. Baserat på mätningar av nederbörd, krondropp och sjösediment i Gårdsjöområdet kunde Munthe et al (1995) visa att depositionen av både Hg och metyl-Hg under åren kring 1990 minskade med ca 50%, som resultat av minskade utsläpp i östra Europa efter Berlinmurens fall.

Metaller når markytan såväl via krondropp (throughfall, TF) som via fallförna (litterfall, LF). Olika undersökningar visar att vegetationens upptag av Hg från marken är låg. Den deposition som sker vid markytan är av atmosfäriskt ursprung, effektivt uppfångad i träden som våt- och torrdeposition. För Hg kan man anta att TF + LF är ett mått på den totala Hg-depositionen i skogsbeståndet. Under något av åren 1997-2001 uppmättes Hg i TF + LF till 46, 40, 25 och 7 $\mu\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1}$ i Gårdsjön, Aneboda, Kindla respektive Gammtratten (Löfgren, 2004). På EMEP-kartorna har Hg-depositionen under år 2000 angivits till 10-15 $\mu\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1}$ i södra Sverige (EMEP 2004). Det finns alltså en diskrepans mellan olika skattningar. Förutom den storskaliga metallgradienten spelar även de lokala skogsbeståndens egenskaper in.

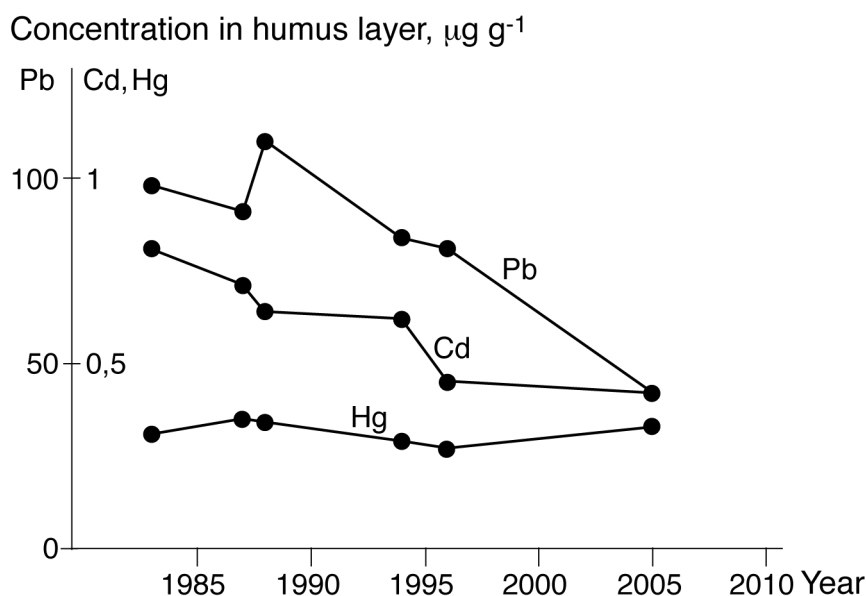
Hg minskar inte i humusskikten

Eftersom depositionen av de tre långspridda metallerna Hg, Pb och Cd minskat under de senaste decennierna, borde man kunna förvänta minskade halter även i mårn. Upprepade mätningar av metallhalter i mårskiktet utförs inom "homogena" provytor i mätprogrammet för IM-mark. Det insamlas 36 prover från humusskiktet, som kemisk analyseras individuellt vid vissa tillfällen och vid andra slås samman till sex samlingsprover. Trots den stora variabiliteten inom provytorna kan man med detta försöksupplägg nå god precision vid analysen av tidsmässiga förändringar.

Tabell 6. Metallhalter i humusskikt och F-skikt vid två olika mättillfällen under perioden 1993-2006 i Gårdsjön, Aneboda respektive Kindla. Statistiskt signifikant ($p < 0,001$) skilda halter vid de båda mättillfällena markeras med fetstil.

Metal concentrations in humus and F-layers at two sampling occasions during the period 1993-2006 at Gårdsjön, Aneboda and Kindla. Statistically significant ($p > 0.001$) different concentrations between the two sampling occasions are marked with bold letters.

	Bly ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Kadmium ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Kvicksilver ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
<u>Gårdsjön</u>	<u>1995</u>	<u>2003</u>	<u>1995</u>	<u>2003</u>	<u>1995</u>	<u>2003</u>
Hela skiktet	102	87	0,35	0,35	0,36	0,41
F-skikt	77	40	0,40	0,26	0,27	0,28
<u>Aneboda</u>	<u>1996</u>	<u>2005</u>	<u>1996</u>	<u>2005</u>	<u>1996</u>	<u>2005</u>
Hela skiktet	81	42	0,45	0,42	0,27	0,33
F-skikt	74	23	0,39	0,32	0,23	0,25
<u>Kindla</u>	<u>1999</u>	<u>2006</u>	<u>1999</u>	<u>2006</u>	<u>1999</u>	<u>2006</u>
F-skikt	54	36	0,38	0,40	0,22	0,25



Figur 9. Pb-, Cd- och Hg-halter i humusskiktet under perioden 1983-2005 i markprovytan vid Aneboda. *Pb, Cd and Hg concentrations in the humus layer during the period 1983-2005 at the Aneboda soil plot.*

Upprepad markkemiska provtagningar har utförts under perioden 1993-2006 i Gårdsjön, Aneboda och Kindla (endast F-skiktet i Kindla), vilka representerar olika grad av metallbelastning. För Hg kan få förändringar i humusskikten påvisas förutom en svag men statistiskt signifikant ökning i Aneboda (tabell 6). Även Hg-halterna i F-skikten, d.v.s. den övre delen av humusskikten där tidiga förändringar är att vänta vid ändrad belastning, var oförändrade. Från humusskiktet i Aneboda finns en mätserie från 1983 som också visade oförändrat Hg-halter under hela tidsperioden (figur 9). Det finns även 80-talsmätdata från F-skiktet som visar Hg-halter i storleksordningen $0,27 \mu\text{g Hg g}^{-1}$, vilket även de indikerar tämligen oförändrad nivåer under denna längre tidsperiod (jfr. tabell 6). En motsvarande trendlös tidsserie finns även från Gårdsjön, där den inledande tidsperioden kombinerats med resultat från en provyta belägen vid Härsvatten. Den minskande Hg-depositionen under drygt 20 år har följaktligen inte resulterat i minskande markhalter.

Hg-utlakningen styrd av löst organiskt material

Hg binder extremt starkt till svavelgrupper i naturlig humus. Halten organiskt och oorganiskt Hg skiljer i skogsbäckar med en faktor 10^{17} (Ulf Skyllberg, SLU Umeå, muntligen). I en miljö med organiskt material är övriga former av Hg försumbara. Detta innebär att rörligheten för Hg helt bestäms av rörligheten hos det organiska materialet. Man har tagit fasta på detta i beräkningsmodeller för kritisk belastning, i vilka löst Hg bestäms av en faktor mellan Hg-halten i löst och fast organiskt material. Kännedom om Hg-halten i fast humus, halten löst humus och vattenflöde är den information som behövs för beräkning av utlakning. Faktorn mellan Hg-halt i fast och löst material har studerats i undersökningar i Aneboda och Gammtratten (Åkerblom et al., 2006). Marklösningen från humusskikten insamlades med nolltryckslysimetrar, en typ av uppsamlare i vilka markvattnet droppar ner av sin egen tyngd i uppsamlingskärl.

En viktig slutsats av studierna var att Hg inte fraktionerades när humusen gick i lösning, dvs att Hg-halterna i det organiska materialet var ungefär lika både i fast och löst fas. Detta gällde för båda lokalerna trots olika Hg-belastning och Hg-halter. Bildningen av löst organiskt material (DOC), som styr utlakningen, sker särskilt i humusskiktet och är resultatet av nedbrytning av det tämligen färskt organiska materialet. Samband mellan Hg och DOC demonstrerar det organiska materialets styrande verkan. DOC uppvisade betydande säsongvariation med högst värden på hösten medan löst Hg hade en mindre utpräglad säsongvariation (Åkerblom et al 2006).

Pb och Cd minskar däremot i humusskikten

Det skedde en påtaglig minskning av Pb-halten i mårskiktet som helhet i Aneboda under det senaste decenniet (tabell 6). Även vid Gårdsjön finns indikationer på en viss minskning även om trenden inte var statistiskt signifikant. I F-skiktet, d.v.s. den övre delen av humusskiktet, uppträdde tydliga minskningar för Pb även i Gårdsjön och Kindla. Den längre mätserien från Aneboda visade att Pb-minskning inleddes vid slutet av 1980-talet (figur 9). Massbalansberäkningar visar att endast små minskningar av mårskiktens Pb-halter skulle förväntas i södra Sverige (Bergkvist 2001). Amerikanska studier har däremot visat exempel på kraftiga minskningar av humusskiktens Pb-halter åren efter att man upphörde med att använda Pb-tillsatser i bensenen.

Cd-halterna uppvisade en statistiskt signifikant minskning i F-skiktet i Gårdsjön under perioden 1995-2003, men ej i mårskiktet som helhet (tabell 6). En omlagring inom humusskiktet eller utlakning ur markprofilen har följaktligen skett. I Aneboda och Kindla noterades inga statistiskt säkerställa förändringar med avseende på Cd. Den långa tidsserien från humusskiktet i Aneboda visar en tydlig minskning av Cd-halterna under 1980-talet och början av 1990-talet, som tycks ha avstannat (figur 9). Motsvarande serie från Härsvatten/Gårdsjön visar motsvarande tidsförlopp. Bergkvist (2001) utnyttjade det empiriska pH-beroendet i markvatten för att skatta Cd-utlakningen från marken. Resultaten indikerar en kraftig minskning i sydsvenska humusskikt, men våra resultat visar att minskningen nu stannat av trots ett fortsatt lågt pH i marken. Det är troligt att Cd-utlakningen även påverkas av förändringar i marklösningens jonstyrka, vilken i hög grad styrs av sulfathalten. Sulfathaltstrenden i markvattnet i Aneboda (Löfgren et al. 2001) överrensstämmer med de registrerade Cd-trenderna.

Hg, Pb och Cd fastnar i avrinningsområdet

I årsrapport för 2001 (Löfgren. 2004) gavs siffror för total Hg-deposition, mätt som TF + LF, och för Hg-transporten i skogsbäckarna. Hg-utflödet var 7, 6, 4 och 19 % av depositionen i Gårdsjön, Aneboda, Kindla respektive Gammtratten, dvs. kvarhållningen av Hg var stark inom avrinningsområdena.

Med de siffror som anges för Hg-halterna i marklösningen hos Åkerblom et al (2006) och kännedom om vattenflödena de aktuella åren 2003-2004 kan Hg-utlakningen från mårskiktet grovt beräknas. I Aneboda uppgick den till $19 \mu\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1}$, vilket indikerar en påtaglig Hg-anrikning i humusskiktet om den totala Hg-depositionen som nämnts tidigare var $40 \mu\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1}$. Totalförrådet Hg i Anebodas humusskikt beräknades till $2,2 \text{ mg m}^{-2}$ 1996 och $2,9 \text{ mg m}^{-2}$ 2005. Den årliga ackumulationen enligt massbalansberäkningen är alltså mindre än 1 % av förrådssiffrorna. Sett över hela 23-års-perioden i figur 9 borde dock Hg-ackumuleringen ha varit mer synlig i halttenden, särskilt med tanke på den tidigare högre Hg-deposition. Möjligen är osäkerheten i flödesbestämningarna tillräckligt stor för att förklara diskrepansen.

Hg-utlakningen skattad baserat på Hg-halterna i markvatten, insamlade med undertrycks-lysimetrar i B-horisonten längre ner i markprofilen, visar lägre Hg-flöden. Resultaten tyder på att i den övre delen av markprofilen ner t.o.m. B-horisonten sker en anrikning, som utgör en stor del av avrinningsområdets kvarhållning av Hg. Det sker en kontinuerlig omlagring mellan humusskikt och mineraljord. Denna typ av omlagring mellan skikten måste vara ännu mer uttalad för Pb för att kunna förklara den observerade minskningen i Pb-halt i humusskiktet. För Cd är transporten i mineraljordsskiktet större, vilket innebär att hela markprofilens Cd-halt minskar snabbare än för Pb.

Hg-depositionen har följaktligen minskat påtagligt sedan 1970-talet liksom för de övriga långspridda metallerna Pb och Cd. Hg-mängderna som når markytan genom krondropp och fallförna är större än de uppskattningar som ligger till grund för de europeiska Hg-belastningskartorna. Trots det har inte Hg-halterna minskat i humusskikt under de senaste 23 åren. Det har heller inte gett upphov till mätbart ökade Hg-mängder i humusskiktet, som massbalansen mellan Hg-tillförsel och Hg-utlakning indikerar. Den stora fastläggningen av Hg i avrinningsområdena, kombinerat med oförändrade eller minskande Hg-halter i humusskiktet, tyder på omfördelning av Hg i markens övre skikt. För Pb och Cd har en stark nedgång i humusskiktets halter konstaterats under motsvarande tidsperiod. Hg fortsätter följaktligen att på en tämligen hög nivå belasta de biologiska processerna i mårskiktet medan påverkan minskar för Pb och Cd.

11. Aluminiumdynamiken i Kindla

En specialstudie pågår sedan 2004 i Kindla för att försöka fastställa hur vattnets flödesvägar påverkar totalaluminium (Altot), organiskt bundet aluminium (Alo) och katjoniskt, oorganiskt aluminium (Ali). Studien är främst inriktad mot hur aluminium genereras och transporteras i avrinningsområdet. Grundvatten insamlas vår och höst på tre markdjup (30, 50 och 70 cm under markytan) från stationer i inströmningsområdet (Rech), det intermediära området (Interm) och utströmningsområdet (Disch) och från tre transekter placerade i en gradient från övre delen av ett surdråg (Upper), en bit nedströms (Middle) och precis före sammanflödet med ett parallellt surdråg (Low).

Resultaten från samtliga stationer och grundvattendjup i de tre transekterna visar att den nedre transekten (Low) hade störst variation i både halterna Altot och Ali medan den övre transekten (Upper) hade relativt liten spridning jämfört med de andra (Figur 10). Grupperar man inströmningsområdet, det intermediära området och utströmningsområdet var och en för sig stöder dessa bilder att spridningen för Altot alltid var högre i den lägst belägna transekten. Det högsta medianvärdet för Altot och Alo uppmättes dock vid den mellersta transekten där även halten organiskt material (TOC) var högst medan pH var lägst (Figur 10, Tabell 7). Detta indikerar att den mellersta transekten kan utgöra ett viktigt stråk för tillförseln av Altot till surdråget och bäcken.

Uppdelat i in-, intermediär och utströmningsområde kan man konstatera att de högsta halterna i de olika Al-fraktionerna förekom vid de lägsta pH-värdena i inströmningsområdet (Tabell 7). Halterna av de olika Al-fraktionerna minskade därefter successivt mot utströmningsområdet. Detta indikerar att aluminium genereras i inströmningsområdet och transporteras mot bäcken, men att det delvis fastläggs efter vägen.

Tabell 7. Medianvärden för pH-air (luftat pH), TOC, Altot, Alo och Ali i grundvattnet vid den översta, mellersta och nedersta transekten respektive i in-, intermediära och utströmningsområdet i Kindla i maj och november under åren 2004-06. n = antal observationer.
Median values on air equilibrated pH (pH-air), TOC, Altot, Alo and Ali at the upper, middle and lower transects as well as in the recharge, intermediate and discharge areas at Kindla in May and November 2004-2006. n = number of observations.

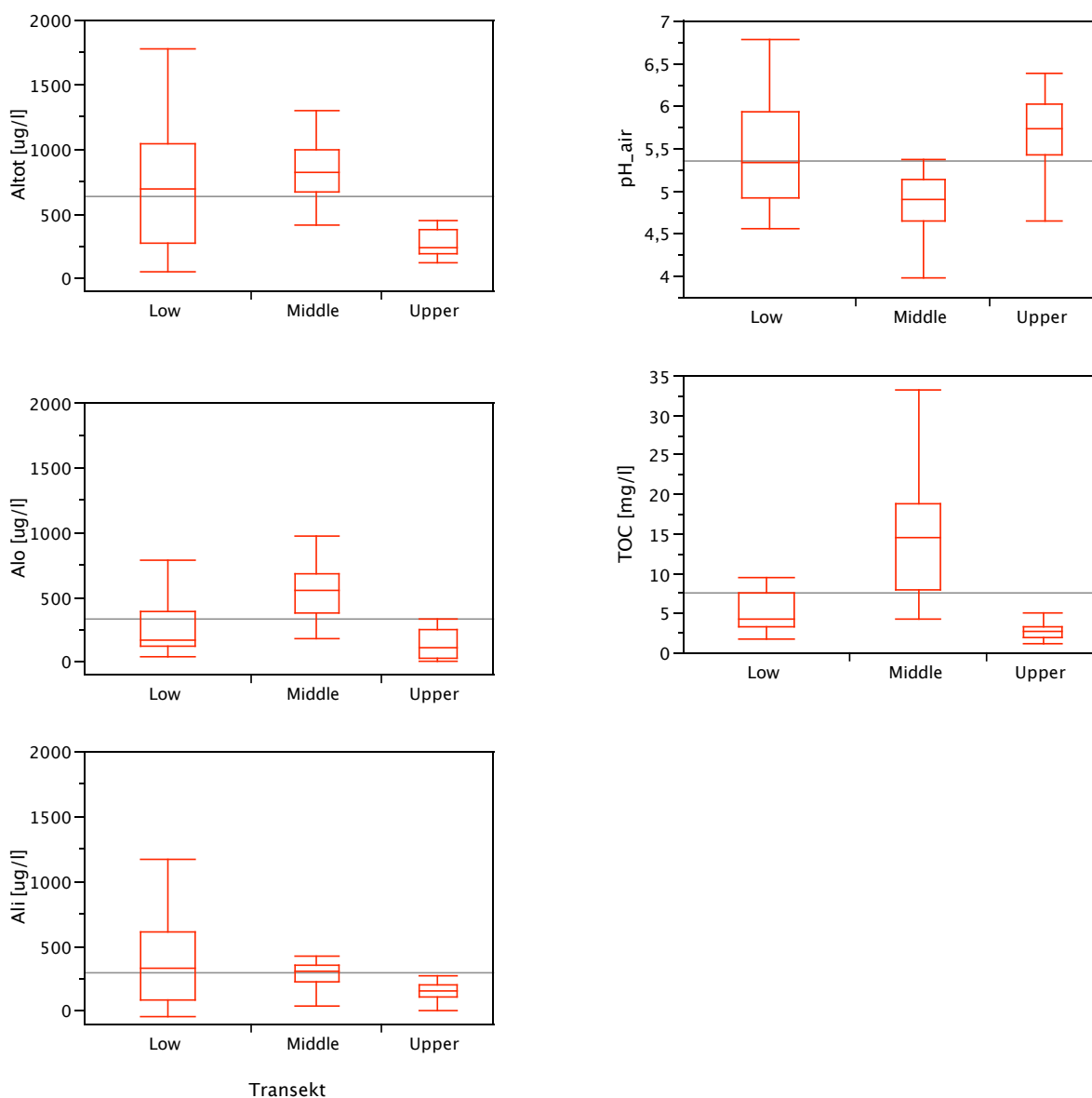
	Low	Middle	Upper	Discharge	Intermediate	Recharge
n	43	33	28	33	38	33
pH-air	5,34	4,90	5,74	5,32	5,34	5,08
TOC [mg/l]	4,3	14,6	2,7	7,6	4,5	6
Altot [ug/l]	688	817	234	415	544	807
Alo [ug/l]	167	553	110	218	145	324
Ali [ug/l]	326	311	153	180	287	316

Tabell 8. Medianvärden för pH-air (luftat pH), TOC, Altot, Alo och Ali i grundvattnet på 30, 50 och 70 cm djup i Kindla i maj och november under åren 2004-06. n = antal observationer.
Median values on air equilibrated pH (pH-air), TOC, Altot, Alo and Ali at 30, 50 and 70 cm depth at Kindla in May and November 2004-2006. n = number of observations.

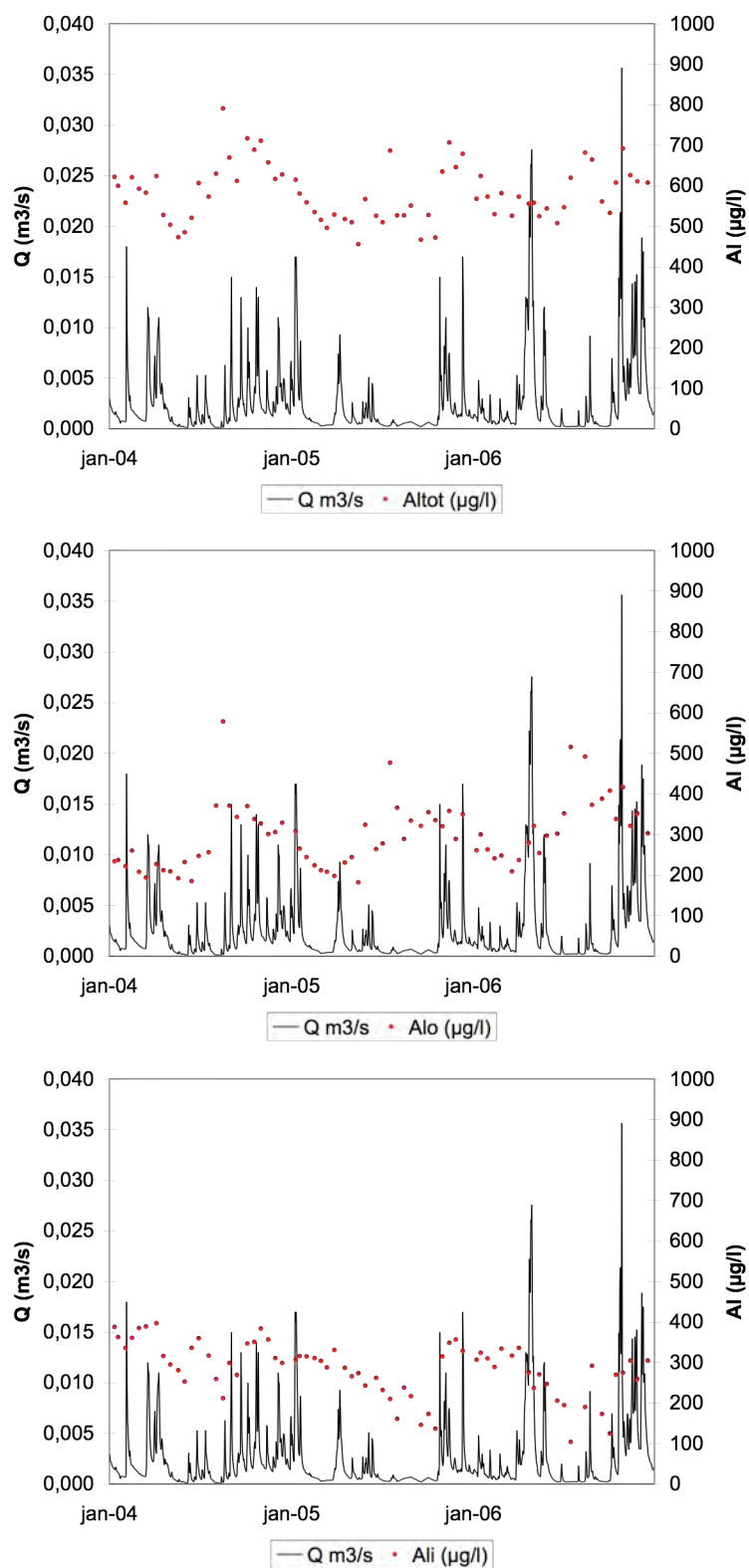
	30 cm	50 cm	70 cm
n	9	48	47
pH-air	4,61	5,17	5,34
TOC [mg/l]	13,2	5,6	5,1
Altot [ug/l]	726	668	577
Alo [ug/l]	414	242	284
Ali [ug/l]	230	282	195

Uppdelat på provtagningsdjupen 30, 50 och 70 cm finns det indikationer på att Altot samvarierar med TOC snarare än med pH, men att det inte föreligger något enkelt samband mellan varken Alo eller Ali och TOC respektive pH (Tabell 8). Det är dock uppenbart att samtliga Al-fraktioner uppvisar högst halter på 30-50 cm markdjup, vilket visar att det kan transporteras ut stora mängder aluminium i samband med höga grundvattennivåer.

Att det föreligger ett samband mellan Altot-halterna i bäcken och avrinningen, vilket är ett mått på grundvattennivån, visar även mätningarna i bäcken (Figur 11). Sambandet är dock inte helt enkelt eftersom Ali och Alo delvis reagerar olika. Tar man det relativt torra året 2005 som ett exempel kan man se att i takt med att avrinningen minskar så minskar även Ali medan Alo ökar. Summan innebär att Altot förblir tämligen konstant. Under de första höstregnen ökar dock Ali markant och även Alo ökar i viss mån. Denna ”surstöt” med höga halter Ali orsakades sannolikt av en mineralisering av organiskt bundet svavel med en efterföljande oxidation av de reducerade svavelföreningarna som sänkte pH markant (visas ej i figuren).



Figur 10. Fördelningen (Box plot) för halterna av Alt, Alo och Ali ($\mu\text{g/l}$) samt för TOC (mg/l) och pH i de tre transekterna (Upper, Middle och Low) i Kindla i maj och november under åren 2004-2006.
Distributions (Box plot) on concentrations of Alt, Alo and Ali ($\mu\text{g/l}$) together with TOC (mg/l) and pH in the three transects (Upper, Middle och Low) in Kindla in May and November for the years 2004-2006.



Figur 11. Tidsserier för vattenföring ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) och halter av Altot (övre), Alo (mellersta) och Ali (nedre, $\mu\text{g L}^{-1}$) i bäcken vid IM-stationen i Kindla (Kin6901) under åren 2004-2006.
Time series of water discharge ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) Altot (upper), Alo (middle) and Ali (lower, $\mu\text{g L}^{-1}$) in the stream at Kindla (Kin6901) during the years 2004-2006.

Samtliga de tre transekterna uppvisade betydligt högre halter organiskt material i utströmningsområdena jämfört med högre upp i sluttningarna. Den höga halten organiskt material utgör förutsättning för den högre utbytbara aciditeten (1 M KCl) och högre halten utbytbart aluminium (1M NH₄Cl) i utströmningsområdet. Trots den höga aciditeten var pH_{H₂O} något högre i utströmningsområdet än längre upp i sluttningen. Även det förklaras av det organiska materialet och dess buffertkapacitet.

Tabell 9. Medianvärden för markens pH, utbytbar aciditet och utbytbara aluminium samt kolhalten i utströmningsområdena vid de tre transekterna i Kindla. n = antal observationer.

Median values on pH_{H₂O}, CEC and exchangeable Al in the discharge area soils at the three transects at Kindla. n = number of observations.

	Upper	Middle	Low
n	6	5	7
pH (H ₂ O)	4,8	4,2	5,0
Utbytbar aciditet (µeq/g)	130,9	61,5	73,3
Al (µeq/g)	45,0	68,3	32,8
Kol (C%)	28,8	8,7	11,2

Precis som för grundvattnet uppmättes de högst utbytbara Al-halterna i mineraljorden i utströmningsområdet på den mellersta transekten (Tabell 9). Detta stöder hypotesen om att denna transekt har potential att tillföra mycket aluminium till bäcken.

Utströmningsområdet kan följaktligen fungera både som ett filter för det aluminium som via grundvattnet transporteras nedför sluttningarna, men det kan även utgöra en källa i samband med att grundvattenkemin förändrar aluminiumets adsorption till det fasta materialet. Torrperioden 2005 och de efterföljande höga halterna av Ali (Figur 11) är ett exempel på detta.

Resultaten från studierna i bäcken visar att halterna för samtliga Al-fraktioner ökar ju högre upp i vattensystemet man kommer (Tabell 10), d.v.s. ju närmare marken man kommer. De visar också att den huvudsakliga förändringen sker i myren mellan station Kin6903 och Kin6902, troligtvis i form av adsorption till jonbytesplatser i det organiska materialet i torven. Myren förändrar inte bäckvattnets pH, men det tillförs drygt 1 mg TOC L⁻¹ till bäckvattnet.

Jämför man vattenkemin i maj och november under åren 2004-06 från surdråget vid den mellersta transekten ned till IM-stationen i bäcken några hundra meter nedströms (Tabell 11) finner man att det sannolikt tillkommer betydande tillskott av aluminium från ett surdråg som ligger söder om det som studerats och som löper in i bäcken strax uppströms Kin6903. Altot- och Ali-halterna ökar på den sträckan med ca 200 respektive 100 µg Al L⁻¹. Samtidigt minskar TOC-halten med drygt 4 mg L⁻¹, vilket indikerar ett stort bidrag av grundvatten som inte passerat allt för organiska jordar.

Slutsatsen av ovanstående studier är följaktligen att betydande grundvattenflöden som passerar mineraljord utan allt för höga halter organiskt material innan det når bäcken kan vara betydelsefulla tillförselkällor för Al. Vidare förefaller det som att det är jordarnas sammansättning i de övre 50 cm som främst avgör om marken fungerar som ett tämligen effektivt filter för Al. Ju mer organiskt material desto bättre filter mot höga halter Ali, men samtidigt har dessa ”filter” stor potential att frigöra mycket Ali t.ex. i samband med surstötter efter torrperioder.

Tabell 10. Medelvärde, CV och min-max intervall (Range) för pH, TOC, Altot, Alo och Ali i bäcken vid tre stationer i Kindla under åren 2004-06. Vattnets flödesriktning anges med pilar.
Mean values, CV and min-max ranges on pH, TOC, Altot, Alo and Ali at three stations in the stream at Kindla. Arrows indicate the direction on the water flow.

Variabel		Bäck uppströms myr (Kin6903) ➔	Bäck nedströms myr (Kin6902) ➔	Bäck IM- station (Kin6901) ➔
n		70	73	71
pH	Medel	4,59	4,56	4,64
	CV (%)	1,2	1,9	2,5
	Range	0,22	0,47	0,55
TOC (mg/l)	Medel	6,0	7,2	7,8
	CV (%)	20	25	29
	Range	5,8	8,0	9,6
Altot (µg/l)	Medel	893	628	583
	CV (%)	9	10	12
	Range	283	247	335
Alo (µg/l)	Medel	359	310	299
	CV (%)	22	25	27
	Range	541	392	397
Ali (µg/l)	Medel	535	318	284
	CV (%)	18	19	24
	Range	593	281	293

Tabell 11. Medianvärden för pH, TOC, Altot, Alo och Ali i surdråg, bäcken och källa i Kindla under maj och november månader 2004-06. Vattnets flödesriktning anges med pilar i tabellen.
Median values on pH, TOC, Altot, Alo and Ali in temporary streams (Surdråg), permanent streams (Bäck) and a well in the mire (Källa) at Kindla during May and November 2004-2006. Arrows indicate the direction on the water flow.

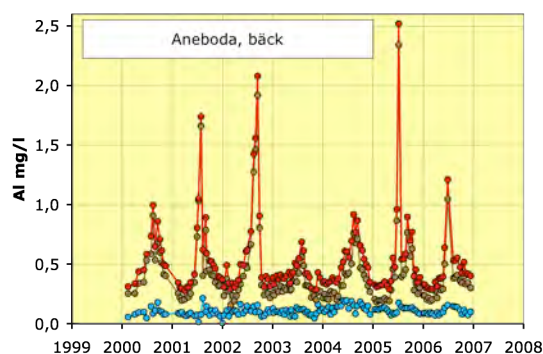
Median	Surdråg vid mellersta grv transekten (KG4) ➔	Surdråg nedströms grv transekterna ➔	Bäck uppströms myr (Kin6903) ➔	Källa i myr ➔	Bäck nedströms myr (Kin6902) ➔	Bäck IM- station (Kin6901) ➔
n	4	3	16	4	16	15
pH	4,53	4,61	4,60	4,76	4,54	4,59
TOC (mg/l)	11,7	11,0	6,4	7,9	6,8	7
Altot (µg/l)	667	610	833	842	594	558
Alo (µg/l)	372	352	373	369	313	297
Ali (µg/l)	320	361	488	476	327	274

12. Aluminiumhalterna minskar - återhämtning från markförsurning

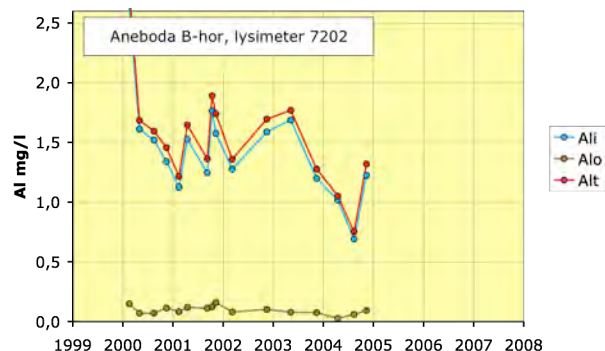
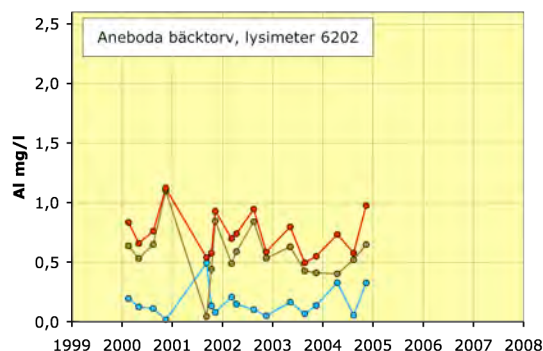
Sedan år 2000 har de olika aluminiumfraktionerna Altot, Alo och Ali analyserats i bäckvatten och markvatten vid IM-stationerna. Resultaten från Aneboda och Kindla, vilka utsatts för hög svaveldeposition under lång tid, indikerar påtagligt minskade Altot- och Ali-halter i B-horisonten och i Kindla även i E-horisonten, varifrån data saknas i Aneboda (figur 13 och 14). I bäcktorven i utströmningsområdena återfanns inte dessa sjunkande trender. I Kindla minskade dock halterna Ali i bäckvattnet, vilket i viss mån kompenseras av ökande halter Alo. I Aneboda var Alo den dominerande Al-formen i bäckvattnet och variationen styrdes i hög grad av säsongsmässiga variationer i TOC-halten.

I Gammtratten, med låg svaveldeposition, varierade halterna för de olika Al-fraktionerna påtagligt i samtliga medier och det är svårare att uttala sig om eventuella trender. Det är dock uppenbart att, med undantag av E-horisonten, var Altot- och Ali-halterna betydligt lägre än i de båda andra IM-områdena. Detta indikerar att Al-halterna i Gammtratten i hög grad styrdes av naturliga jormånsbildande processer.

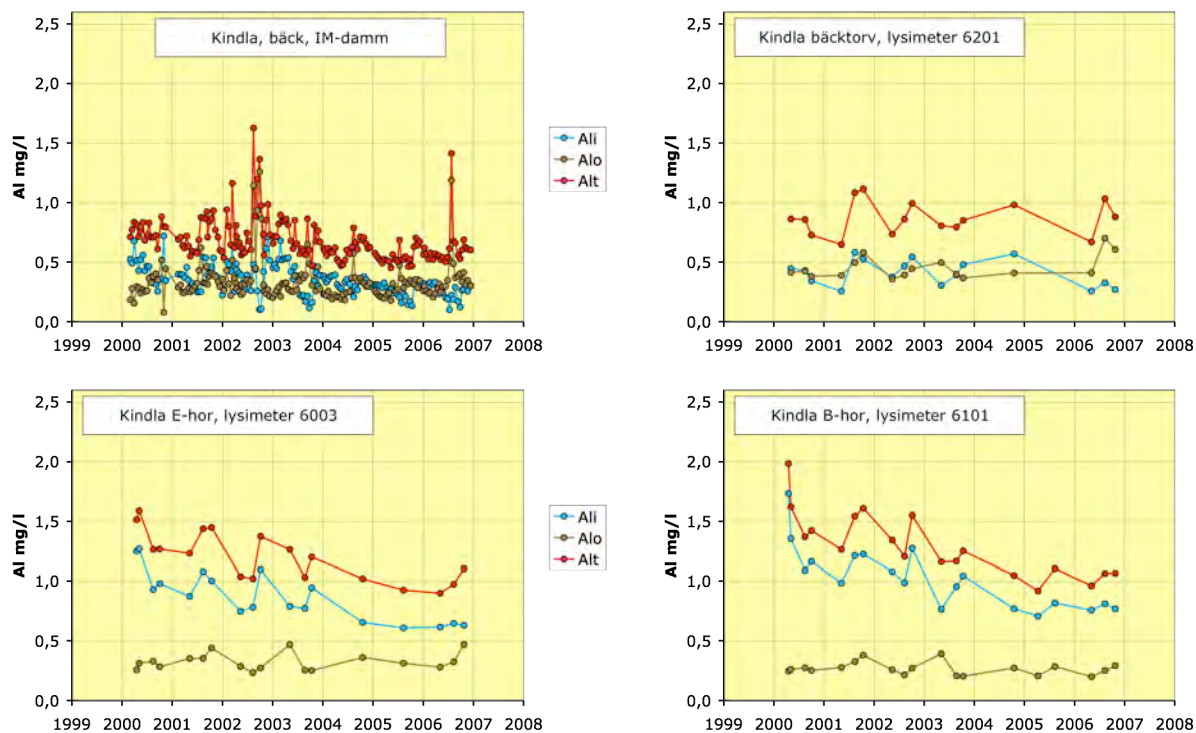
Ovanstående resultat, som i figur 13-15 är baserade på data från en av två lysimetrar och där båda visar likartade Al-trender, är en indikation på att markförsurningen i inströmningsområdena minskar, vilket sannolikt är en konsekvens av den minskade svaveldepositionen och en därmed lägre jonstyrkan i markvattnet. Det senare är kopplat till de sjunkande sulfathalter som registrerats i markvattnet (Löfgren et al. 2001). Observationen är mycket intressant och kan ha implikationer för tolkningen av behovet av att återställa markens syra-basstatus med hjälp av kalk eller aska. Till nästa årsrapport har vi för avsikt att även utvärdera data från Gårdsjön, vilket sannolikt kan ge ytterligare information om ovanstående slutsatser är mer generella.



Data saknas från E-horisonten i Aneboda

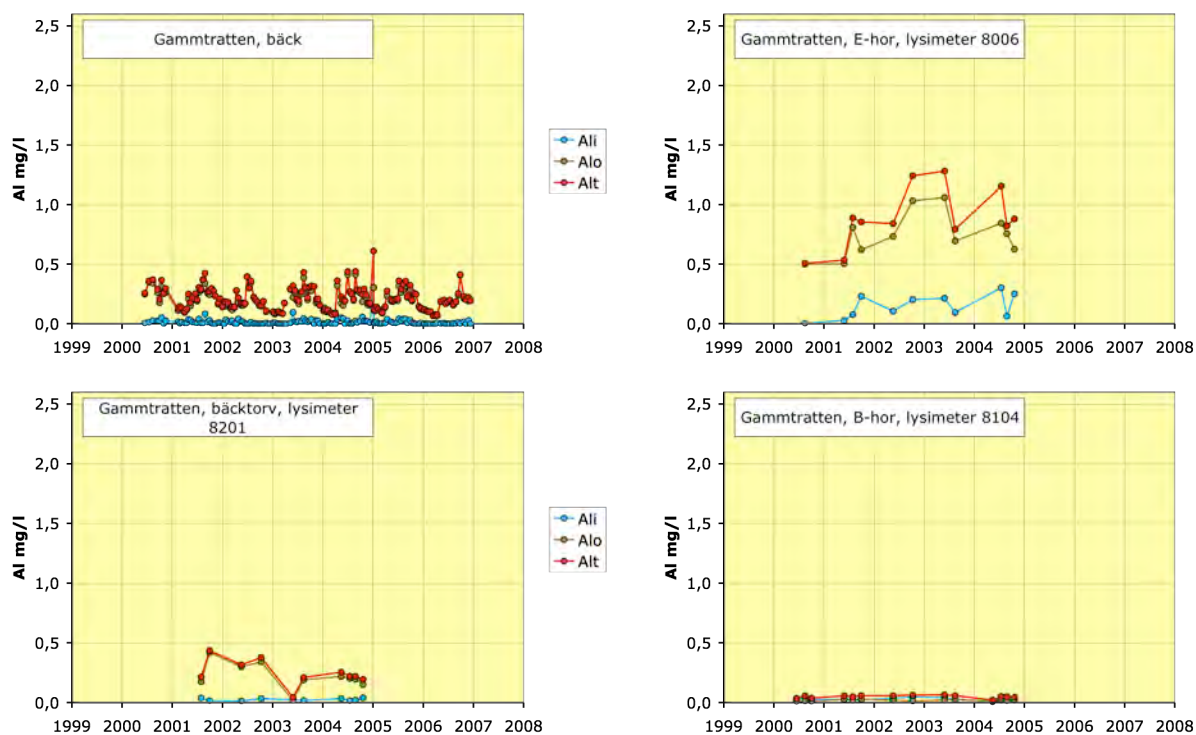


Figur 12. Halterna Altot, Alo och Ali ($\mu\text{g L}^{-1}$) i bäcken samt i markvattnet i B-horisont och bäcktorv i Aneboda under åren 2000-2006.
Concentrations of Altot, Alo and Ali ($\mu\text{g L}^{-1}$) in the stream and in soil water in the B-horizon and the riparian peat at Aneboda during the years 2000-2006.



Figur 14. Halterna Altot, Alo och Ali ($\mu\text{g L}^{-1}$) i bäcken samt i markvattnet i B-horisont och bäcktorv i Kindla under åren 2000-2006.

Concentrations of Altot, Alo and Ali ($\mu\text{g L}^{-1}$) in the stream and in soil water in the E- and B-horizons and the riparian peat at Kindla during the years 2000-2006.



Figur 15. Halterna Altot, Alo och Ali ($\mu\text{g L}^{-1}$) i bäcken samt i markvattnet i B-horisont och bäcktorv i Gammtratten under åren 2000-2006.

Concentrations of Altot, Alo and Ali ($\mu\text{g L}^{-1}$) in the stream and in soil water in the E- and B-horizons and the riparian peat at Gammtratten during the years 2000-2006.

Referenser

- Bergkvist, B. 2001. *Changes of lead and cadmium pools in Swedish forest soils*. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1: 371-383.
- Bishop, K. 1991. *Episodic increase in stream acidity, catchment flow pathways and hydrograph separation*. Ph. D. Thesis, Cambridge University, 241 pp.
- Bishop, K. et al. (2007 in print). *Forestry's contribution to bioaccumulation in freshwaters. Assessment of available evidence*. KSLA Workshop Report.
- Driscoll, C.T. 1984. *A procedure for the fractionation of aqueous aluminium in dilute acidic water*. Internat. J. Anal. Chem. 16:267-283.
- EDC, 1993. *Manual for integrated monitoring. Program phase 1993-1996*. National Board of Waters and the Environment, Helsingfors.
- EMEP, 2004. *EMEP Assessment Part I, European Perspective*. In: Lövblad, G., Tarrason, L., Törseth, K. and Dutchak, S. (eds.). Norwegian Meteorological Institute. 180 pp.
- Kvarnäs, H. 2000. *The Q model, a simple conceptual model for runoff simulations in catchment areas*. Dep. of Environ. Assess., SLU, Report 2000:15.
- Larson, P-E. 2005.
- Lydersen, E., S. Löfgren & T. Arnessen. 2002. *Chemical and biological effects of reacidification of limed water bodies – a state of the art review on metals*. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 32(2-3):73-295.
- Löfgren, S (Ed.). 1999. *Integrerad övervakning av miljötillståndet i svensk skogsmark – IM. Årsrapport 1997*. Naturvårdsverket rapport 5030. English summary.
- Löfgren, S (Ed.). 2000. *Miljötillståndet i skogsmark - integrerad övervakning*. Naturvårdsverket rapport 5071. English summary.
- Löfgren, S (Ed.). 2001. *Integrerad övervakning av miljötillståndet i svensk skogsmark – IM. Årsrapport 1999*. Inst. f. miljöanalys, SLU rapport 2001:10. English summary.
- Löfgren, S., Bringmark, L., Aastrup, M., Hultberg, H., Kindbom, K. and Kvarnäs, H. 2001. *Sulphur balances and dynamics in three forested catchments in Sweden*. Water Air Soil Poll. 130:631-636.
- Munthe, J., Hultberg, H., Lee, Y-H., Parkmann, H. Iverfeldt, Å. och Renberg, I. 1995. *Trends of mercury and methylmercury in deposition, runoff water and sediments in relation to experimental manipulations and acidification*. Water, Air and Soil Pollut. 89: 743-748.
- Munthe J., Hellsten S. and Zetterberg T. 2007. *Mobilization of mercury and methylmercury from forest soils after severe storm-fell event*. Ambio 36 (1), 111-113.
- Munthe, J. och Hultberg, H. 2004. *Mercury and methylmercury in runoff from a forested catchment – concentration, fluxes and their responses to manipulations*. Water, Air, and Soil Pollut. Focus 4, 607-618.
- Rühling, Å och Tyler, G. 2001. *Changes in atmospheric deposition rates of heavy metals in Sweden*. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1: 311-323.
- SYKE 1998. *Manual for integrated monitoring*. IM Program Centre, Helsingfors.
www.vyh.fi/eng/intcoop/projects/icp_im/manual/index.htm
- Åkerblom, S., Meili, M., Bringmark, L., Johansson, K., Berggren Kleja, D. och Bergkvist, B. *Partitioning of Hg between solid and dissolved organic matter in mor layers*. I: Åkerblom, S 2006. Anthropogenic heavy metals in organic forest soils. Doktorsavhandling. Acta Universitatis agriculturae Sueciae vol. 2006:67.

Appendix

Halter

I Tabellbilagan redovisas medel- och medianvärden för halter av olika ämnen i deposition på öppet fält (Bulk deposition), krondropp (Throughfall), markvatten (Soil water), grundvatten (Groundwater) och bäckvatten (Stream water) i Gårdsjön, Aneboda och Kindla under 2005. Mark- och grundvatten insamlas både i inströmningsområden (Recharge area) och utströmningsområden (Discharge area). Statistisk spridning redovisas som CV (Coefficient of Variation) och n_T visar antalet mättillfällen under året. Antalet analyser överstiger n_T i markvattnet eftersom 6-9 lysimetrar analyseras vid varje mättillfälle och på varje provtagningsnivå (n_0 = totala antalet observationer).

Halterna återfinns enligt följande indelning:

Appendix 1:	Halter i luft: SO ₂ , NO ₂ , NH ₃ , O ₃
Appendix 2:	Allmänt: pH, konduktivitet, kisel
Appendix 3:	Kväve: Tot-N, Org-N, NO ₃ -N, NH ₄ -N Fosfor: Tot-P, Res-P, PO ₄ -P Organiskt material: DOC, Abs f 420 nm
Appendix 4:	Jonbalans – Gårdsjön
Appendix 5:	Jonbalans – Aneboda
Appendix 6:	Jonbalans – Kindla
Appendix 7:	Jonbalans – Gammtratten
Appendix 8:	Metaller: Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd
Appendix 9:	Metaller: Hg, Metyl-Hg, Cr, Ni, Co, V, As, B

Transporter

Transporter i deposition på öppet fält, krondropp, förnafall (Litterfall) och bäckvatten har beräknats utifrån halter och uppmätta och/eller modellerade vattenflöden i Gårdsjön, Aneboda och Kindla. Förfallet i inkluderar alla fraktioner.

Transporterna återfinns enligt följande indelning:

Appendix 10:	Näringsämnen: N, P, C
Appendix 11:	Jonflöden: Anjoner och katjoner
Appendix 12:	Metallflöden: Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd

Biologiska mätningar

Appendix 13:	Nedbrytning av förna (Standardrespiration)
Appendix 14:	Epifytiska lavar på grenar
Appendix 15:	Epifytiska alger på barr och lavar på grenar
Appendix 16:	Biodiversitet i undervegetationen på intensivtor
Appendix 17:	Kemisk sammansättning på barr och förnafall
Appendix 18:	Biomassa och bioelement i träd

Klimat och hydrologi

Appendix 19:	Lufttemperatur och nederbörd
Appendix 20:	Vattenbalanser
Appendix 21:	Viktiga observationer

Appendix (English)

Concentrations

In the appendix, mean and median values on concentrations of different elements and substances are reported for bulk deposition at opened field, throughfall, soil water, groundwater and stream water in Gårdsjön, Aneboda and Kindla during 2005. Soil water and groundwater were collected both in recharge and discharge areas. Statistical variations are reported as Coefficient of Variation (CV) and n_T shows the number of samplings occasions during the year. In soil water, the numbers of analyses are much larger than n_T , since 6-9 lysimeters are sampled at each sampling occasion and at each sampling depth (n_o = total number of obs.).

The concentrations are found in the following order:

Appendix 1:	Concentrations in air: SO ₂ , NO ₂ , NH ₃ , O ₃
Appendix 2:	General: pH, conductivity, Si
Appendix 3:	Nitrogen: Tot-N, Org-N, NO ₃ -N, NH ₄ -N Phosphorus: Tot-P, Res-P, PO ₄ -P Organic matter: DOC, Abs f 420 nm
Appendix 4:	Ion balances – Gårdsjön
Appendix 5:	Ion balances – Aneboda
Appendix 6:	Ion balances – Kindla
Appendix 7:	Ion balances – Gammtratten
Appendix 8:	Metals: Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd
Appendix 9:	Metals: Hg, Metyl-Hg, Cr, Ni, Co, V, As, B

Fluxes

The fluxes in deposition on open field, throughfall, litterfall and stream water have been calculated from measured concentrations and measured and/or simulated water discharge values in Gårdsjön, Aneboda and Kindla. Litterfall fluxes include all fractions.

The fluxes are found in the following order:

Appendix 10:	Nutrients: N, P, C
Appendix 11:	Ions: Anions and cations
Appendix 12:	Metals: Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd

Biological measurements

Appendix 13:	Decomposition in field (litter bags), standardised litter
Appendix 14:	Epiphytic lichens on twigs
Appendix 15:	Epiphytic algae on needles and lichens on twigs of spruce
Appendix 16:	Biodiversity in understorey vegetation: intensity plots
Appendix 17:	Chemistry of spruce needles and needles in litterfall
Appendix 18:	Biomass and bioelements in trees

Meteorology and hydrology

Appendix 19:	Air temperature and precipitation
Appendix 20:	Water balances
Appendix 21:	Important observations

			Gårdsjön			Aneboda			Kindla			Gammtratten			
	Unit	Year	Mean	Median	CV	n	Mean	Median	CV	n	Mean	Median	CV	n	
Sulphur dioxide, SO ₂ *	µg S m ⁻³	1996	0,78	0,59	62%	12	0,87	0,65	82%	12	0,34	0,23	71%	12	-
		1997	0,41	0,38	50%	12	0,40	0,36	65%	12	0,22	0,16	73%	12	-
		1998	0,44	0,41	44%	12	0,40	0,35	65%	12	0,21	0,15	75%	11	-
		1999	0,43	0,40	38%	12	0,33	0,31	40%	12	0,22	0,19	46%	12	98%
		2000	0,34	0,36	27%	12	0,31	0,31	37%	12	0,23	0,20	48%	12	54%
		2001	0,38	0,35	39%	12	0,34	0,29	47%	12	0,26	0,21	47%	12	82%
		2002	0,34	0,31	32%	12	0,27	0,24	34%	12	0,21	0,19	34%	12	36%
Nitrogen dioxide, NO ₂ *	µg N m ⁻³	2003	0,38	0,36	43%	12	0,35	0,29	42%	12	0,26	0,23	43%	12	24%
		2004	0,46	0,33	68%	12	0,38	0,35	45%	12	0,28	0,24	47%	12	26%
		2005	0,48	0,31	115%	12	0,39	0,28	73%	12	0,24	0,25	50%	12	114%
		1996	1,29	1,05	44%	12	0,71	0,56	51%	12	0,42	0,38	45%	12	-
		1997	1,33	1,08	58%	12	0,91	0,72	80%	12	0,50	0,31	74%	12	-
		1998	1,28	0,94	56%	12	0,81	0,59	66%	12	0,47	0,39	61%	12	-
		1999	1,26	1,00	47%	12	0,70	0,56	64%	12	0,46	0,44	57%	12	59%
Nitrogen dioxide, NO ₂ *	µg N m ⁻³	2000	1,11	0,95	43%	12	0,69	0,50	68%	12	0,36	0,30	57%	12	52%
		2001	1,07	1,10	44%	12	0,60	0,64	50%	12	0,36	0,36	49%	12	67%
		2002	1,39	1,17	54%	12	0,57	0,45	75%	12	0,34	0,29	65%	12	55%
		2003	1,05	0,80	48%	12	0,66	0,56	60%	12	0,35	0,28	60%	12	53%
		2004	1,00	0,89	45%	12	0,57	0,49	54%	12	0,37	0,33	56%	12	46%
		2005	1,05	0,95	30%	12	0,68	0,57	51%	12	0,39	0,37	53%	12	67%

*Gas concentrations at ambient air temperature

OBS. During January - March 2003, data from Gårdsjön are collected from the nearby station Hensbacka

	Unit	Year	Gårdsjön			
			Mean	Median	CV	n
Ozone, O3*	µg O3 m ⁻³	2002	52	54	26%	12
		2003	49	49	28%	12
		2004	48	46	21%	12
		2005	50	49	36%	12

pH	Gårdsjön					Aneboda					Kindla					Gammtratten				
	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T
Bulk deposition	4,94	4,80	8%	12	12	4,74	4,66	7%	12	12	4,79	4,81	3%	12	12	4,85	4,82	4%	12	12
Throughfall	4,87	4,83	6%	12	12	5,15	5,15	8%	12	12	5,01	5,02	6%	12	12	4,97	4,87	6%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm	4,58	4,58	2%	5	5	4,17	4,41	11%	3	2	4,45	4,46	5%	13	3	4,24	4,26	4%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm	4,77	4,7	5%	5	5	4,72	4,72	4%	22	3	4,64	4,75	7%	17	3	5,18	5,14	8%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm	4,65	4,64	1%	5	5	5,41	5,32	7%	12	3	4,83	4,84	6%	14	3	5,57	5,65	6%	9	3
Groundwater, recharge area, F1:4	4,93	4,96	3%	4	4	4,96	5,0	1%	4	4	4,63	4,63	1%	4	4	5,85	5,80	2%	3	3
Groundwater, discharge area, F1:5	4,58	4,61	5%	4	4	5,41	5,45	4%	3	3	5,27	5,43	8%	4	4	5,28	5,19	5%	3	3
Stream water	4,24	4,23	1%	26	26	4,55	4,56	2%	23	23	4,68	4,72	2%	24	24	5,64	5,55	6%	23	23

Cond ₂₅ (mS m ⁻¹)	Gårdsjön					Aneboda					Kindla					Gammtratten				
	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T
Bulk deposition	1,7	1,9	44%	12	12	1,9	1,7	52%	12	12	1,4	1,4	43%	12	12	1,1	1,1	34%	12	12
Throughfall	6,1	4,8	69%	12	12	2,2	2,3	52%	12	12	2,9	2,6	43%	12	12	1,0	1,0	39%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm	10,8	10,4	12%	5	5	10,7	12,3	46%	3	2	4,0	3,5	38%	13	3	3,5	2,9	37%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm	10,4	10,3	9%	5	5	7,7	3,9	87%	22	3	3,6	3,1	41%	17	3	1,2	0,9	68%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm	8,9	8,6	12%	5	5	5,7	5,7	17%	12	3	2,9	2,9	21%	14	3	1,5	1,5	16%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m	10,8	10,7	8%	4	4	5,8	5,8	2%	4	4	3,3	3,4	10%	4	4	1,9	1,9	6%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m	9,3	9,5	5%	4	4	6,7	6,7	23%	3	3	3,30	3,22	7%	4	4	1,5	1,5	22%	3	3
Stream water	10,5	10,4	5%	26	26	5,5	5,4	7%	23	23	2,8	2,8	11%	24	24	1,7	1,6	13%	23	23

Si (mg l ⁻¹)	Gårdsjön					Aneboda					Kindla					Gammtratten				
	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm	3,5	3,5	25%	4	4	4,1	4,6	35%	3	2	3,1	2,8	31%	13	3	2,4	2,0	51%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm	2,9	2,7	11%	5	5	3,3	2,9	44%	22	3	3,2	3,1	14%	17	3	1,8	1,8	40%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm	3,2	3,0	20%	5	5	5,2	5,0	20%	12	3	4,3	4,1	28%	14	3	3,9	3,7	19%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m	2,3	2,3	8%	2	2	3,6	2,5	74%	4	4	3,4	3,3	27%	4	4	10,5	8,0	43%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m	2,8	2,8	52%	4	4	7,4	7,8	12%	3	3	4,5	4,8	28%	4	4	5,3	5,7	40%	3	3
Stream water	2,7	2,6	13%	21	21	3,8	3,8	22%	23	23	2,4	2,4	14%	24	24	2,5	2,5	31%	23	23

	Gårdsjön*					Aneboda					Kindla					Gammtratten				
	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T
Bulk deposition Throughfall	949 1753	664 1341	64% 49%	12 12	12 12	1226 1055	991 762	81% -	12 12	12 12	783 904	679 704	88% 51%	12 12	12 12	541 325	441 306	43% 65%	12 12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		271	268	17%	4	-	-	-	-	-	285	234	56%	12	3	550	614	36%	6	2
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		181	188	11%	5	272	223	55%	10	2	273	191	77%	16	3	156	165	63%	15	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		765	872	38%	5	325	234	80%	4	2	416	359	41%	12	3	138	113	87%	7	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		287	271	21%	4	200	198	8%	4	4	329	202	78%	4	4	244	218	32%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		543	504	22%	4	1080	917	49%	3	3	1024	704	89%	4	4	435	416	27%	3	3
Stream water	286	267	32%	26	26	307	309	20%	23	23	224	214	21%	24	24	224	212	16%	23	23
Bulk deposition	42	38	117%	12	12	81	85	103%	12	12	122	71	98%	12	12	137	56	179%	12	12
Throughfall	352	342	28%	12	12	280	229	56%	12	12	421	350	59%	12	12	98	99	66%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		259	257	17%	4	-	-	-	-	-	259	224	56%	12	3	521	587	39%	6	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		171	184	13%	5	206	176	66%	10	2	248	184	81%	16	3	144	152	67%	15	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		224	232	26%	5	300	219	84%	4	2	329	309	35%	12	3	119	99	95%	7	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		221	222	25%	4	183	179	9%	4	4	303	180	85%	4	4	155	155	17%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		462	416	36%	4	616	616	118%	2	3	984	667	91%	4	4	408	359	30%	3	3
Stream water	266	253	36%	26	26	248	248	28%	23	23	197	186	26%	24	24	199	189	18%	23	23
Bulk deposition	435	345	53%	12	12	590	502	67%	12	12	344	304	80%	12	12	229	259	40%	12	12
Throughfall	901	834	51%	12	12	441	414	99%	12	12	322	297	78%	12	12	131	115	68%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		1	1	39%	5	3	2	43%	3	2	7	3	105%	13	3	9	3	90%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		1	1	39%	5	8	3	92%	22	3	7	3	103%	17	3	7	3	90%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		529	616	45%	5	9	3	111%	12	3	6	3	102%	14	3	6	3	97%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		60	11	126%	4	8	9	29%	4	4	12	13	73%	4	4	65	43	94%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		39	10	153%	4	16	14	54%	3	3	21	21	77%	4	4	14	5	130%	3	3
Stream water	15	7	46%	26	26	27	22	91%	23	23	11	9	70%	24	24	13	12	70%	23	23
Bulk deposition	472	270	87%	12	12	554	420	118%	12	12	317	232	120%	12	12	175	154	55%	12	12
Throughfall	500	306	90%	12	12	334	197	125%	12	12	161	165	54%	12	12	97	45	133%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		10	10	2%	5	650	-	-	1	1	26	12	106%	13	3	17	18	23%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		9	10	47%	5	59	35	130%	18	3	18	19	72%	17	3	15	3	202%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		11	10	28%	5	32	21	100%	10	3	87	40	117%	14	3	11	13	69%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		8	10	43%	3	8	8	32%	4	4	14	14	31%	4	4	25	19	74%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		55	10	142%	3	535	535	0%	2	3	19	21	31%	4	4	13	10	61%	3	3
Stream water	5	1	188%	24	24	40	31	114%	23	23	16	14	59%	24	24	12	12	43%	23	23
Bulk deposition	4,0	2,5	128%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	10,1	4,5	163%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		4,8	4,0	27%	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		3,2	3,0	34%	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		5,0	6,0	53%	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		5,3	4,5	68%	4	9	9	21%	4	4	34	36	39%	4	4	4639	5180	59%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		10,0	12,0	53%	4	344	266	63%	3	3	107	111	15%	4	4	1842	1213	76%	3	3
Stream water	7,0	7,0	45%	26	26	16	13	52%	23	23	6	6	36%	24	24	11	9	61%	23	23
Bulk deposition				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m				-	-	5	5	36%	4	4	6	6	42%	4	4	3	3	17%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m				-	-	79	56	71%	3	3	9	8	37%	4	4	3	3	17%	3	3
Stream water				-	-	6	5	61%	23	23	4	4	46%	24	24	4	4	34%	23	23
Bulk deposition	1,0	1,0	49%	11	12	1,8	1,9	40%	12	12	1,6	1,5	42%	12	12	1,8	1,2	125%	12	12
Throughfall	9,2	9,0	33%	11	12	7,3	7,3	39%	12	12	14,6	15,6	47%	12	12	2,7	3,1	60%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		11,7	12,9	28%	4	4	31,4	-	1	1	11,3	6,4	80%	13	3	30,3	28,4	37%	9	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		6,7	7,1	31%	5	5,7	5,2	46%	20	3	9,7	4,7	135%	16	3	7,4	3,7	103%	18	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		7,8	8,0	30%	5	10,0	5,8	103%	10	3	11,4	10,6	41%	14	3	9,8	6,7	91%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		6,6	6,5	28%	4	4	2,2	2,0	36%	4	3,5	3,2	28%	4	4	3,6	4,0	29%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		16,1	15,5	52%	4	4	42,3	46,6	24%	3	7,6	7,0	38%	4	4	3,4	3,9	35%	3	3
Stream water	11,5	10,3	43%	26	26	23,5	19,9	65%	23	23	7,8	7,3	31%	24	24	8,3	7,2	51%	23	23

Gårdsjön	Anions						Cations					
		Mean	Median	CV	n _o	n _T		Mean	Median	CV	n _o	n _T
Bulk deposition	SO ₄ ²⁻ mEq/l	0,028	0,027	40%	12	12	Ca ²⁺ mEq/l	0,008	0,006	60%	12	12
Throughfall		0,071	0,069	52%	12	12		0,042	0,039	59%	12	12
Soil water L1, recharge area, 20 cm		0,163	0,162	9%	5	5		0,015	0,013	40%	5	5
Soil water L1, recharge area, B, 40 cm		0,175	0,179	47%	5	5		0,039	0,015	123%	5	5
Soil water L2, discharge area, 20 cm		0,119	0,112	14%	5	5		0,016	0,014	36%	5	5
Groundwater, recharge area, F1:4		0,102	0,102	5%	4	4		0,063	0,059	57%	4	4
Groundwater, discharge area, F1:5		0,066	0,067	53%	4	4		0,051	0,045	50%	4	4
Stream water		0,090	0,096	20%	26	26		0,029	0,023	15%	26	26
Bulk deposition	Cl ⁻ mEq/l	0,050	0,032	102%	12	12	Mg ²⁺ mEq/l	0,013	0,008	91%	12	12
Throughfall		0,263	0,141	118%	12	12		0,075	0,064	71%	12	12
Soil water L1, recharge area, 20 cm		0,461	0,423	20%	5	5		0,131	0,126	21%	5	5
Soil water L1, recharge area, B, 40 cm		0,432	0,440	7%	5	5		0,099	0,091	21%	5	5
Soil water L2, discharge area, 20 cm		0,475	0,443	20%	5	5		0,093	0,089	18%	5	5
Groundwater, recharge area, F1:4		0,656	0,659	17%	4	4		0,159	0,155	19%	4	4
Groundwater, discharge area, F1:5		0,536	0,538	10%	4	4		0,118	0,125	16%	4	4
Stream water		0,564	0,556	12%	26	26		0,107	0,102	9%	26	26
Bulk deposition	NO ₃ ⁻ mEq/l	0,031	0,025	53%	12	12	Na ⁺ mEq/l	0,050	0,035	90%	12	12
Throughfall		0,064	0,060	51%	12	12		0,246	0,153	98%	12	12
Soil water L1, recharge area, 20 cm		0,000	0,000	39%	5	5		0,328	0,313	10%	5	5
Soil water L1, recharge area, B, 40 cm		0,000	0,000	39%	5	5		0,321	0,312	13%	5	5
Soil water L2, discharge area, 20 cm		0,038	0,044	45%	5	5		0,451	0,441	9%	5	5
Groundwater, recharge area, F1:4		0,000	0,000	126%	4	4		0,583	0,579	4%	4	4
Groundwater, discharge area, F1:5		0,000	0,000	153%	4	4		0,458	0,448	7%	4	4
Stream water		0,001	0,000	46%	26	26		0,472	0,470	6%	26	26
Bulk deposition	Alk/Ac mEq/l	-	-	-	-	-	K ⁺ mEq/l	0,002	0,002	49%	12	12
Throughfall		-	-	-	-	-		0,046	0,047	35%	12	12
Soil water L1, recharge area, 20 cm		-	-	-	-	-		0,016	0,015	5%	5	5
Soil water L1, recharge area, B, 40 cm		-	-	-	-	-		0,026	0,025	38%	5	5
Soil water L2, discharge area, 20 cm		-	-	-	-	-		0,017	0,016	16%	5	5
Groundwater, recharge area, F1:4		-	-	-	-	-		0,017	0,019	35%	4	4
Groundwater, discharge area, F1:5		-	-	-	-	-		0,010	0,009	47%	4	4
Stream water		-	-	-	-	-		0,013	0,012	36%	26	26
Bulk deposition	RCOO ⁻ mEq/l	0,005	0,005				NH ₄ ⁺ mEq/l	0,034	0,019	87%	12	12
Throughfall		0,051	0,049					0,036	0,022	90%	12	12
Soil water L1, recharge area, 20 cm		0,059	0,065					0,001	0,001	2%	5	5
Soil water L1, recharge area, B, 40 cm		0,036	0,037					0,001	0,001	47%	5	5
Soil water L2, discharge area, 20 cm		0,040	0,041					0,001	0,001	28%	5	5
Groundwater, recharge area, F1:4		0,037	0,038					0,000	0,000	43%	3	3
Groundwater, discharge area, F1:5		0,081	0,078					0,000	0,000	153%	4	4
Stream water		0,054	0,048					0,000	0,000	168%	24	24
Bulk deposition	ANC mEq/l	-0,037	-0,033				H ⁺ mEq/l	0,011	0,016			
Throughfall		0,010	0,034					0,013	0,015			
Soil water L1, recharge area, 20 cm		-0,134	-0,118					0,026	0,026			
Soil water L1, recharge area, B, 40 cm		-0,122	-0,176					0,017	0,020			
Soil water L2, discharge area, 20 cm		-0,055	-0,039					0,022	0,023			
Groundwater, recharge area, F1:4		0,064	0,051					0,012	0,011			
Groundwater, discharge area, F1:5		0,035	0,022					0,026	0,025			
Stream water		-0,034	-0,045					0,058	0,059			

Aneboda	Anions						Cations					
		Mean	Median	CV	n ₀	n _T		Mean	Median	CV	n ₀	n _T
Bulk deposition	SO ₄ ²⁻ mEq/l	0,030	0,031	46%	12	12	Ca2+ mEq/l	0,008	0,007	83%	12	12
Throughfall		0,038	0,038	51%	12	12		0,027	0,020	63%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,111	-	25%	2	1		0,089	-	128%	2	1
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,291	0,110	108%	21	3		0,032	0,015	122%	21	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,125	0,105	64%	12	3		0,069	0,068	34%	12	3
Groundwater, recharge area, 3,2 m		0,257	0,252	13%	4	4		0,094	0,095	6%	4	4
Groundwater, discharge area, 0,99 m		0,025	0,021	40%	3	3		0,148	0,147	4%	3	3
Stream water		0,123	0,131	40%	23			0,085	0,084	20%	23	
Bulk deposition	Cl- mEq/l	0,026	0,024	62%	12	12	Mg2+ mEq/l	0,007	0,005	57%	12	12
Throughfall		0,060	0,053	74%	12	12		0,022	0,020	47%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,190	-	41%	2	1		0,111	-	12%	2	1
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,300	0,141	109%	21	3		0,056	0,028	90%	21	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,280	0,257	30%	12	3		0,079	0,070	32%	12	3
Groundwater, recharge area, 3,2 m		0,186	0,186	11%	4	4		0,079	0,079	9%	4	4
Groundwater, discharge area, 0,99 m		0,203	0,189	14%	3	3		0,123	0,125	9%	3	3
Stream water		0,180	0,180	10%	23			0,076	0,075	15%	23	
Bulk deposition	NO3- mEq/l	0,042	0,036	67%	12	12	Na+ mEq/l	0,026	0,022	62%	12	12
Throughfall		0,032	0,030	99%	12	12		0,054	0,047	71%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,000	0,000	43%	3	2		0,256	-	54%	2	1
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,001	0,000	92%	22	3		0,320	0,099	127%	21	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,001	0,000	111%	12	3		0,316	0,327	18%	12	3
Groundwater, recharge area, 3,2 m		0,001	0,001	29%	4	4		0,280	0,275	13%	4	4
Groundwater, discharge area, 0,99 m		0,001	0,001	54%	3	3		0,260	0,240	12%	3	3
Stream water		0,002	0,002	91%	23			0,231	0,227	10%	23	
Bulk deposition	Alk/Ac mEq/l	-	-	-	-	-	K+ mEq/l	0,003	0,002	97%	12	12
Throughfall		-	-	-	-	-		0,041	0,037	42%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		-	-	-	-	-		0,013	-	33%	2	1
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		-0,186	-0,124	100%	14	2		0,010	0,011	73%	21	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,004	0,015	919%	8	2		0,005	0,004	72%	12	3
Groundwater, recharge area, 3,2 m		-0,003	-0,003	382%	4	4		0,013	0,013	8%	4	4
Groundwater, discharge area, 0,99 m		0,150	0,210	81%	3	3		0,018	0,018	22%	3	3
Stream water		-0,075	-0,069	-79%	23			0,014	0,015	33%	23	
Bulk deposition	RCOO- mEq/l	0,009	0,010				NH4+ mEq/l	0,040	0,030	118%	12	12
Throughfall		0,045	0,045					0,024	0,014	125%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,145	-					0,046	-	-	1	1
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,030	0,027					0,004	0,003	130%	18	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,070	0,039					0,002	0,002	100%	10	3
Groundwater, recharge area, 3,2 m		0,012	0,011					0,001	0,001	32%	4	4
Groundwater, discharge area, 0,99 m		0,294	0,330					0,025	0,038	87%	2	3
Stream water		0,117	0,099					0,003	0,002	114%	23	
Bulk deposition	ANC mEq/l	-0,054	-0,054				H+ mEq/l	0,018	0,022			
Throughfall		0,014	0,004					0,007	0,007			
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,168	#####					0,068	0,039			
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		-0,174	-0,098					0,019	0,019			
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,063	0,107					0,004	0,005			
Groundwater, recharge area, 3,2 m		0,022	0,023					0,011	0,011			
Groundwater, discharge area, 0,99 m		0,320	0,319					0,004	0,004			
Stream water		0,101	0,088					0,028	0,028			

Kindla	Anions						Cations					
		Mean	Median	CV	n _O	n _T		Mean	Median	CV	n _O	n _T
Bulk deposition	SO ₄ ²⁻ mEq/l	0,020	0,020	48%	12	12	Ca ²⁺ mEq/l	0,005	0,004	65%	12	12
Throughfall		0,053	0,048	52%	12	12		0,044	0,028	62%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,103	0,109	25%	13	3		0,008	0,008	24%	13	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,109	0,106	21%	17	3		0,009	0,009	50%	15	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,089	0,113	45%	13	3		0,023	0,021	35%	14	3
Groundwater, recharge area, 2,4 m		0,123	0,124	21%	4	4		0,040	0,029	91%	4	4
Groundwater, discharge area, 1,1 m		0,112	0,115	16%	4	4		0,087	0,084	26%	4	4
Stream water		0,090	0,101	26%	24			0,025	0,025	12%	24	
Bulk deposition	Cl ⁻ mEq/l	0,016	0,010	122%	12	12	Mg ²⁺ mEq/l	0,004	0,002	101%	12	12
Throughfall		0,063	0,044	91%	12	12		0,024	0,020	56%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,086	0,073	55%	13	3		0,016	0,014	29%	13	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,073	0,061	41%	17	3		0,015	0,015	17%	15	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,061	0,056	24%	13	3		0,024	0,022	30%	14	3
Groundwater, recharge area, 2,4 m		0,071	0,063	30%	4	4		0,017	0,017	5%	4	4
Groundwater, discharge area, 1,1 m		0,051	0,051	5%	4	4		0,051	0,049	19%	4	4
Stream water		0,064	0,065	14%	24			0,022	0,023	10%	24	
Bulk deposition	NO ₃ ⁻ mEq/l	0,025	0,022	80%	12	12	Na ⁺ mEq/l	0,017	0,009	120%	12	12
Throughfall		0,023	0,021	78%	12	12		0,053	0,043	66%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,000	0,000	105%	13	3		0,110	0,097	27%	13	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,001	0,000	103%	17	3		0,106	0,095	28%	15	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,000	0,000	102%	14	3		0,105	0,106	9%	14	3
Groundwater, recharge area, 2,4 m		0,001	0,001	73%	4	4		0,098	0,098	6%	4	4
Groundwater, discharge area, 1,1 m		0,001	0,001	77%	4	4		0,155	0,156	0%	4	4
Stream water		0,001	0,001	70%	24			0,103	0,104	8%	24	
Bulk deposition	Alk/Ac mEq/l	-	-	-	-	-	K ⁺ mEq/l	0,002	0,001	56%	12	12
Throughfall		-	-	-	-	-		0,072	0,061	53%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		-0,115	-0,093	47%	12	3		0,004	0,003	80%	13	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		-0,114	-0,072	78%	15	3		0,004	0,003	72%	15	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		-0,053	-0,056	46%	11	3		0,003	0,003	51%	14	3
Groundwater, recharge area, 2,4 m		-0,080	-0,078	19%	4	4		0,006	0,006	11%	4	4
Groundwater, discharge area, 1,1 m		0,028	0,043	208%	4	4		0,007	0,008	1%	4	4
Stream water		-0,049	-0,050	-27%	24			0,002	0,002	51%	24	
Bulk deposition	RCOO ⁻ mEq/l	0,009	0,008				NH ₄ ⁺ mEq/l	0,023	0,017	120%	12	12
Throughfall		0,086	0,092					0,012	0,012	54%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,055	0,031					0,002	0,001	106%	13	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,050	0,025					0,001	0,001	72%	17	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,062	0,058					0,006	0,003	117%	14	3
Groundwater, recharge area, 2,4 m		0,018	0,016					0,001	0,001	31%	4	4
Groundwater, discharge area, 1,1 m		0,050	0,049					0,001	0,001	31%	4	4
Stream water		0,041	0,038					0,001	0,001	59%	24	
Bulk deposition	ANC mEq/l	-0,033	-0,035				H ⁺ mEq/l	0,016	0,015			
Throughfall		0,055	0,038					0,010	0,010			
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		-0,051	-0,060					0,035	0,035			
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		-0,049	-0,045					0,023	0,018			
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,005	-0,017					0,015	0,014			
Groundwater, recharge area, 2,4 m		-0,034	-0,038					0,023	0,023			
Groundwater, discharge area, 1,1 m		0,136	0,130					0,005	0,004			
Stream water		-0,002	-0,013					0,021	0,019			

Gammtratten	Anions						Cations					
		Mean	Median	CV	n _O	n _T		Mean	Median	CV	n _O	n _T
Bulk deposition	SO ₄ ²⁻ mEq/l	0,017	0,016	45%	12	12	Ca ²⁺ mEq/l	0,007	0,006	55%	12	12
Throughfall		0,015	0,015	57%	12	12		0,007	0,007	45%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,028	0,018	90%	10	3		0,029	0,022	103%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,027	0,025	33%	19	3		0,013	0,011	61%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,031	0,040	58%	9	3		0,043	0,042	32%	9	3
Groundwater, recharge area, 1,1 m		0,038	0,039	5%	3	3		0,064	0,061	8%	3	3
Groundwater, discharge area, 3,2 m		0,032	0,033	25%	3	3		0,030	0,032	13%	3	3
Stream water		0,039	0,036	28%	23			0,060	0,059	16%	23	
Bulk deposition	Cl ⁻ mEq/l	0,007	0,006	83%	12	12	Mg ²⁺ mEq/l	0,003	0,003	39%	12	12
Throughfall		0,009	0,007	81%	12	12		0,005	0,005	49%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,020	0,019	41%	10	3		0,014	0,007	110%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,018	0,014	103%	19	3		0,009	0,008	64%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,015	0,015	24%	9	3		0,018	0,019	19%	9	3
Groundwater, recharge area, 1,1 m		0,019	0,019	3%	3	3		0,018	0,018	3%	3	3
Groundwater, discharge area, 3,2 m		0,022	0,020	26%	3	3		0,011	0,012	22%	3	3
Stream water		0,021	0,021	16%	23			0,024	0,023	20%	23	
Bulk deposition	NO ₃ ⁻ mEq/l	0,016	0,019	40%	12	12	Na ⁺ mEq/l	0,007	0,006	83%	12	12
Throughfall		0,009	0,008	68%	12	12		0,008	0,007	70%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,001	0,000	97%	10	3		0,032	0,025	66%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,001	0,000	90%	19	3		0,023	0,021	43%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,000	0,000	97%	9	3		0,059	0,062	11%	9	3
Groundwater, recharge area, 1,1 m		0,005	0,003	94%	3	3		0,070	0,071	14%	3	3
Groundwater, discharge area, 3,2 m		0,001	0,000	130%	3	3		0,100	0,101	6%	3	3
Stream water		0,001	0,001	70%	23			0,062	0,064	16%	23	
Bulk deposition	Alk/Ac mEq/l	-	-	-	-	-	K ⁺ mEq/l	0,001	0,001	79%	12	12
Throughfall		-	-	-	-	-		0,010	0,008	100%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		-0,159	-0,141	42%	8	3		0,019	0,021	50%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		-0,014	-0,003	385%	15	3		0,010	0,009	58%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,030	0,038	118%	9	3		0,003	0,003	56%	9	3
Groundwater, recharge area, 1,1 m		0,085	0,084	27%	4	4		0,007	0,008	25%	3	3
Groundwater, discharge area, 3,2 m		0,035	0,029	69%	3	3		0,005	0,006	50%	3	3
Stream water		0,027	0,015	113%	23			0,004	0,004	45%	23	
Bulk deposition	RCOO ⁻ mEq/l	0,010	0,006				NH ₄ ⁺ mEq/l	0,013	0,011	55%	12	12
Throughfall		0,016	0,017					0,007	0,003	133%	12	12
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,141	0,133					0,001	0,001	23%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,046	0,023					0,001	0,000	202%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,073	0,052					0,001	0,001	69%	9	3
Groundwater, recharge area, 1,1 m		0,030	0,033					0,002	0,001	74%	3	3
Groundwater, discharge area, 3,2 m		0,022	0,025					0,001	0,001	61%	3	3
Stream water		0,064	0,053					0,001	0,001	43%	23	
Bulk deposition	ANC mEq/l	-0,022	-0,025				H ⁺ mEq/l	0,014	0,015			
Throughfall		-0,003	-0,003					0,011	0,013			
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,045	0,038					0,058	0,055			
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,010	0,010					0,007	0,007			
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,077	0,071					0,003	0,002			
Groundwater, recharge area, 1,1 m		0,097	0,097					0,001	0,002			
Groundwater, discharge area, 3,2 m		0,091	0,098					0,005	0,006			
Stream water		0,090	0,092					0,002	0,003			

		Gårdsjön					Anebodavägen					Kindla					Gammtratten				
		Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T	Mean	Median	CV	n ₀	n _T
Bulk deposition	Al mg/l (Acid sol.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		-	-	-	-	-	1,86	-	52%	2	1	1,19	1,16	27%	13	3	1,20	1,04	38%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		-	-	-	-	-	1,89	1,24	89%	21	3	1,20	1,00	45%	15	3	0,27	0,17	97%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		-	-	-	-	-	0,57	0,54	45%	12	3	0,80	0,78	30%	14	3	0,23	0,15	104%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		-	-	-	-	-	0,70	0,71	9,2	4	4	0,94	0,92	10%	4	4	0,05	0,07	87%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		-	-	-	-	-	1,64	1,76	41%	3	3	0,32	0,28	55%	4	4	0,14	0,18	90%	2	3
Stream water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bulk deposition	Al tot mg/l (IVL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		0,03	0,03	37%	11	12	-	-	-	-	-	0,91	0,89	12%	4	2	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		1,73	1,62	15%	5	5	-	-	-	-	-	0,87	0,83	26%	4	2	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		1,43	1,67	38%	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		1,09	1,09	11%	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		0,58	0,58	19%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		0,82	0,79	44%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	0,73	0,71	14%	25	25	0,57	0,40	82%	23	23	0,56	0,53	13%	24	24	0,21	0,21	39%	23	23	
Bulk deposition	Al org mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,82	0,88	25%	4	4	-	-	-	-	-	0,47	0,45	40%	4	2	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,52	0,57	35%	5	5	-	-	-	-	-	0,20	0,19	38%	4	2	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,49	0,44	33%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		0,35	0,33	23%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		0,68	0,57	67%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	0,43	0,40	35%	23	23	0,45	0,31	100%	23	23	0,29	0,29	23%	24	24	0,20	0,19	37%	23	23	
Bulk deposition	Al inorg mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,96	0,99	27%	4	4	-	-	-	-	-	0,44	0,46	43%	4	2	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,90	1,00	42%	5	5	-	-	-	-	-	0,67	0,64	22%	4	2	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,61	0,57	37%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		0,22	0,22	53%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		0,11	0,10	27%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	0,30	0,29	33%	23	23	0,12	0,12	20%	23	23	0,27	0,28	24%	24	24	0,02	0,01	94%	23	23	
Bulk deposition	Fe mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		0,03	0,03	49%	11	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,10	0,11	47%	5	5	0,90	-	61	2	1	0,10	0,03	135%	13	3	0,33	0,36	38%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,06	0,05	47%	5	5	0,01	0,01	54%	21	3	0,06	0,02	150%	15	3	0,05	0,01	182%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,12	0,13	36%	5	5	1,48	0,33	148%	12	3	0,48	0,34	120%	14	3	1,54	1,24	100%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		1,00	0,76	95%	4	4	0,01	0,01	17,4	4	4	0,02	0,02	38%	4	4	0,03	0,02	28%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		2,20	1,70	61%	4	4	8,85	8,82	2%	3	3	0,44	0,37	47%	4	4	0,23	0,15	107%	3	3
Stream water	0,61	0,58	44%	25	25	2,30	1,30	150%	23	23	0,49	0,34	68%	24	24	0,39	0,36	30%	23	23	
Bulk deposition	Mn mg/l	0,0	0,0	0,6	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		0,10	0,10	57%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,02	0,01	74%	5	5	0,28	-	135	2	1	0,01	0,01	37%	13	3	0,06	0,00	176%	10	3
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,01	0,01	41%	5	5	0,23	0,06	147%	21	3	0,01	0,01	52%	15	3	0,02	0,01	126%	19	3
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,04	0,04	51%	5	5	0,04	0,04	27%	12	3	0,02	0,01	57%	14	3	0,00	0,01	58%	9	3
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		0,16	0,09	98%	4	4	0,06	0,06	10,7	4	4	0,01	0,01	15%	4	4	0,01	0,01	17%	3	3
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		0,07	0,08	69%	4	4	0,08	0,08	4%	3	3	0,01	0,01	33%	4	4	0,01	0,01	49%	3	3
Stream water	0,05	0,03	33%	26	26	0,05	0,05	19%	23	23	0,04	0,04	18%	24	24	0,01	0,01	37%	23	23	
Bulk deposition	Cu µg/l	1,11	1,22	0,6	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		1,09	0,76	102%	11	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,84	0,87	11%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,68	0,64	13%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,43	0,37	45%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		1,96	1,79	64%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		1,30	1,10	46%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	0,51	0,44	34%	18	18	0,49	0,37	56%	23	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bulk deposition	Pb µg/l	1,22	1,06	42%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		0,75	0,59	60%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,13	0,13	18%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,06	0,05	46%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,12	0,13	49%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		1,03	0,45	102%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		2,30	0,09	79%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	0,71	0,64	37%	19	19	1,48	0,81	130%	23	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bulk deposition	Zn µg/l	6,82	7,20	48%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		11,03	10,14	42%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		11,74	10,87	11%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		13,11	13,20	8%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		8,78	8,58	13%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		13,32	13,09	42%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		12,86	14,88	29%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	10,65	9,25	58%	19	19	3,86	3,20	54%	23	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bulk deposition	Cd µg/l	0,05	0,04	0,7	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall		0,05	0,05	51%	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, E, 8-20 cm		0,22	0,23	12%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, recharge area, B, 33-45 cm		0,20	0,20	12%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soil water, discharge area, 30-50 cm		0,07	0,07	6%	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, recharge area, 2,4-3,2 m		0,10	0,12	38%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groundwater, discharge area, 1-1,1 m		0,10	0,08	52%	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	0,07	0,07	23%	19	19	0,03	0,03	50%	23	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

[illegible]

Gårdsjön	Nitrogen, phosphorus & organic carbon fluxes (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)						
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	DOC
Bulk deposition	4,3	4,2	0,4	9,5	-	0,026	10
Throughfall	3,1	5,9	2,8	12,4	-	0,064	70
Litterfall				51,7		2,92	1993
Stream water	0,0	0,1	1,4	1,5	-	0,035	58

Aneboda	Nitrogen, phosphorus & organic carbon fluxes (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)						
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	TOC
Bulk deposition	2,5	2,9	0,6	6,5	-	-	13
Throughfall	1,3	1,6	1,2	4,3	-	-	32
Litterfall				36,2		3,18	1792
Stream water	0,09	0,06	0,6	0,7	0,013	0,033	47

Kindla	Nitrogen, phosphorus & organic carbon fluxes (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)						
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	TOC
Bulk deposition	2,0	2,3	0,9	5,4	-	-	13
Throughfall	0,7	1,1	1,8	3,8	-	-	73
Litterfall				15,2		0,98	986
Stream water	0,03	0,02	0,6	0,7	0,010	0,016	23

Gammtratten	Nitrogen, phosphorus & organic carbon fluxes (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)						
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	TOC
Bulk deposition	1,3	1,5	1,5	4,4	-	-	18
Throughfall	0,6	0,7	0,7	2,0	-	-	18
Litterfall				7,4		0,89	538
Stream water	0,07	0,07	1,0	1,1	0,018	0,044	51

Gårdsjön	Anion fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)						
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	RCOO ⁻	Sum(-)	ANC
Bulk deposition	29	68	30	0	12	139	-34
Throughfall	52	226	42	0	43	363	9
Litterfall	27						
Stream water	46	286	0,5	0	27	360	-17

Gårdsjön	Cation fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Sum(+)	Sum(+)-Sum(-)
Bulk deposition	8	17	65	3	30	16	139	0
Throughfall	33	59	202	35	22	12	363	0
Litterfall	139	47	6	25				
Stream water	15	54	240	7	0	29	344	-15

Aneboda	Anion fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)						
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	RCOO ⁻	Sum(-)	ANC
Bulk deposition	16	13	21	0	5	54	-27
Throughfall	14	20	11	0	20	65	7
Litterfall	21						
Stream water	32	41	0,4	0	23	97	20

Aneboda	Cation fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Sum(+)	Sum(+)-Sum(-)
Bulk deposition	5	3	13	2	18	14	54	0
Throughfall	10	8	18	16	10	4	65	0
Litterfall	136	28	3	18				
Stream water	20	18	53	3	0,6	7	101	4

Kindla	Anion fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)						
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	RCOO ⁻	Sum(-)	ANC
Bulk deposition	14	12	16	0	5	47	-23
Throughfall	22	26	8	0	38	94	28
Litterfall	9						
Stream water	28	18	0,2	0	11	58	-4

Kindla	Cation fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Sum(+)	Sum(+)-Sum(-)
Bulk deposition	4	3	12	1	14	13	47	0
Throughfall	18	10	22	34	5	5	94	0
Litterfall	59	14	1	6				
Stream water	7	6	29	1	0,2	7	50	-8

Gammtratten	Anion fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)						
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	RCOO ⁻	Sum(-)	ANC
Bulk deposition	12	4	11	0	5	32	-15
Throughfall	8	4	5	0	11	28	-1
Litterfall	5						
Stream water	17	10	0,5	7	34	68	43

Gammtratten	Cation fluxes (mEq m ⁻² y ⁻¹)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Sum(+)	Sum(+)-Sum(-)
Bulk deposition	5	2	4	1	9	11	32	0
Throughfall	4	3	4	6	4	7	28	0
Litterfall	47	9	0	6				
Stream water	29	11	28	2	0,5	2	72	5

Gårdsjön	Metal fluxes (mg m ⁻² y ⁻¹)						
	Al tot	Al org	Al oorg	Fe	Mn	Cu	Pb
Bulk deposition	-	-	-	-	2	1,1	1,2
Throughfall	22,8	-	-	22,3	73	0,7	0,5
Litterfall		114			246	2,8	6,4
Stream water	370	217	153	311	23	0,3	0,4

Aneboda	Metal fluxes (mg m ⁻² y ⁻¹)						
	Al tot	Al org	Al oorg	Fe	Mn	Cu	Pb
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-
Litterfall	56			76	555	-	-
Stream water	114	86	28	403	12	0,1	0,3

Kindla	Metal fluxes (mg m ⁻² y ⁻¹)						
	Al tot	Al org	Al oorg	Fe	Mn	Cu	Pb
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-
Litterfall	29			20	250	-	-
Stream water	171	85	86	98	12	-	-

Gammtratten	Metal fluxes (mg m ⁻² y ⁻¹)						
	Al tot	Al org	Al oorg	Fe	Mn	Cu	Pb
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-
Litterfall	13			9	157	-	-
Stream water	131	119	12	199	8	-	-

Gårdsjön	Metal fluxes (µg m ⁻² y ⁻¹)						
	Hg	Metyl-Hg	Cr	Ni	Co	V	As
Bulk deposition	6,9	0,1	220	378	16	1438	194
Throughfall	13,2	0,3	506	409	46	566	130
Litterfall	49,0	0,47	2074	2428	957	587	340
Stream water	1,8	0,11	593	1013	642	386	224

Aneboda	Metal fluxes (µg m ⁻² y ⁻¹)						
	Hg	Metyl-Hg	Cr	Ni	Co	V	As
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-
Litterfall	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	-	-	-	-	-	-	-

Kindla	Metal fluxes (µg m ⁻² y ⁻¹)						
	Hg	Metyl-Hg	Cr	Ni	Co	V	As
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-
Litterfall	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	-	-	-	-	-	-	-

Gammtratten	Metal fluxes (µg m ⁻² y ⁻¹)						
	Hg	Metyl-Hg	Cr	Ni	Co	V	As
Bulk deposition	-	-	-	-	-	-	-
Throughfall	-	-	-	-	-	-	-
Litterfall	-	-	-	-	-	-	-
Stream water	-	-	-	-	-	-	-

Decomposition in field (litter bags), standardized litter

Sampling place	Gårdsjön*			Aneboda			Kindla**			Gammtratten		
Sampling date	971008			971112			971001					
Incubation period	1 yr	2 yr	3 yr	1 yr	2 yr	3 yr	1 yr	2 yr	3 yr	1 yr	2 yr	3 yr
Decomposition ratio 1997 (weight loss in % of original weight)	Mean	32,8	57,1	69,7	34,0	58,0	73,0	26,9	48,0	69,3	-	-
	median	32,7	55,4	72,6	33,0	57,1	75,3	27,0	49,0	71,1	-	-
	n ₀	18	18	15	19	19	18	18	18	18	-	-
Sampling date	981007			981109			981005					
Decomposition ratio 1998 (weight loss in % of original weight)	Mean	40,6	65,2	69,9	38,7	64,8	77,0	36,4	59,5	75,3	-	-
	median	41,5	62,2	68,9	37,8	70,8	77,3	37,1	60,4	75,0	-	-
	n ₀	18	18	18	19	17	17	18	18	18	-	-
Sampling date	991019			991027			991114					
Decomposition ratio 1999 (weight loss in % of original weight)	Mean	35,6	65,3	74,3	30,7	60,0	65,3	30,1	61,5	69,8	-	-
	median	34,4	67,3	73,8	30,7	59,5	64,9	29,0	60,6	73,0	-	-
	n ₀	18	19	18	17	17	16	16	16	15	-	-
Sampling date	001011			001101			001003			001003		
Decomposition ratio 2000 (weight loss in % of original weight)	Mean	33,4	61,7	72,5	38,1	61,8	67,4	30,2	51,7	71,5	25,1	-
	median	32,8	61,0	73,6	37,0	62,3	66,3	29,7	54,5	74,3	25,0	-
	n ₀	18	18	17	18	17	17	16	18	18	18	-
Sampling date	011103			011106			011123			010926		
Decomposition ratio 2001 (weight loss in % of original weight)	Mean	34,6	61,6	76,7	36,2	62,2	66,3	33,3	63,3	74,0	33,7	46,2
	median	32,9	62,2	77,3	35,8	60,1	64,8	32,6	66,5	75,7	31,1	46,2
	n ₀	18	18	18	18	17	16	18	18	18	18	-
Sampling date	021029			021030			021016			020920		
Decomposition ratio 2002 (weight loss in % of original weight)	Mean	32,5	65,7	70,8	30,5	67,4	70,7	27,2	57,7	74,2	32,5	55,8
	median	31,1	67,0	71,7	30,0	71,1	71,7	26,7	59,0	74,6	33,2	56,4
	n ₀	18	18	17	18	18	17	18	18	17	18	18

Sampling place	Gårdsjön*	Aneboda	Kindla**	Gammtratten
Sampling date	971008	971112	971001	
Incubation period	1 yr 2 yr 3 yr	1 yr 2 yr 3 yr	1 yr 2 yr 3 yr	1 yr 2 yr 3 yr
Sampling date	031030	031024	031110	031001
<i>Deposition ratio 2003 (weight loss in % of original weight)</i>				
Mean	25,8	55,3	68,8	
median	25,5	54,5	70,6	
n ₀	18	18	16	
Sampling date	041116	041027	041020	041011
<i>Deposition ratio 2004 (weight loss in % of original weight)</i>				
Mean	37,5	60,8	65,9	
median	34,0	62,8	68,1	
n ₀	17	17	14	
Sampling date	051115	051011	051103	051006
<i>Deposition ratio 2005 (weight loss in % of original weight)</i>				
Mean	33,4	64,2	71,8	
median	35,5	65,2	71,7	
n ₀	18	18	18	

Epiphytic lichens on tree trunks

	1996						2001					
Gårdsjön 1996	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees
n:o of lichen species total					30	20					33	20
n:o of lichens per tree: birch		7,0				1		12,0				1
n:o of lichens per tree: Norway spruce		5,7	6,0	24		7		6,6	7,0	15		7
n:o of lichens per tree: Scots pine		7,9	9,0	31		11		7,9	8,0	12		11
n:o of lichens per tree: oak		9,0				1		9,0				1
n:o of lichens per tree: all tree species		7,2	6,5	32		20		7,7	8,0	20		20
point freq. dominant 1, %	Lepr inc	17,8				18	Lepr inc	16,3				19
point freq. dominant 2, %	Hypo phy	11,1				19	Hypo phy	7,7				20
point freq. dominant 3, %	Clad con	10,2				12	Clad con	5,2				9
sensitivity index per tree: birch		2,4			7	1		1,7			12	1
sensitivity index per tree: Norway spruce		1,8	1,5	53	17	7		1,9	1,6	49	17	7
sensitivity index per tree: Scots pine		2,2	2,2	31	21	11		2,4	2,6	34	27	11
sensitivity index per tree: oak		2,4			9	1		0,2			9	1
sensitivity index per tree: all tree species		2,1	1,9	37	30	20		2,1	1,8	45	46	20

	1997						2002					
Aneboda	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees
number of lichen species total					29	20					21	20
n:o of lichens per tree: Norway spruce		8,8	9,0	43		19		6,9	7,0	39		19
n:o of lichens per tree: Scots pine		13,0				1		8,0				1
n:o of lichens per tree: all tree species		9,1	10,0	42		20		7,0	7,0	38		20
point freq. dominant 1, %	Leca abi	40,7				18	Leca abi	21,5				18
point freq. dominant 2, %	Lepr inc	38,4				20	Lepr inc	21,0				20
point freq. dominant 3, %	Hypo phy	6,8				16	Hypo phy	6,2				16
sensitivity index per tree: Norway spruce		3,9	3,9	40	29	19		4,0	3,8	40	8	19
sensitivity index per tree: Scots pine		1,1			13	1		1,2			4	1
sensitivity index per tree: all tree species		3,8	3,9	44	29	20		3,8	3,7	43	8	20

	1998						2004					
Kindla	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees
n:o of lichen species total					31	20					39	20
n:o of lichens per tree: birch		10,2	11,0	26		5		10,8	11,0	12,0		5
n:o of lichens per tree: Norway spruce		8,2	8,0	32		13		6,8	7,0	30,0		13
n:o of lichens per tree: Scots pine		9,0				2		9,0		16		2
n:o of lichens per tree: all tree species		8,8	9,0	31		20		8,0	8,5	31,0		20
point freq. dominant 1, %	Hypo phy	26,1				20	Hypo phy	47				20
point freq. dominant 2, %	Lepr inc	22,6				20	Lepr inc	42				20
point freq. dominant 3, %	Plat gla	6,2				10	Plat gla	6				8
sensitivity index per tree: birch		2,0	2,2	30	25	5		2,1	2,2	14	7*	5
sensitivity index per tree: Norway spruce		1,6	1,5	12	20	13		1,6	1,6	16	6*	13
sensitivity index per tree: Scots pine		1,5			13	2		1,5			4*	2
sensitivity index per tree: all tree species		2,0	2,2	30	31	20		2	2	19	9*	20

*) Not comparable with 1998 due to new way of calculating

	2000						2005					
Gammtratten	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees	Species	mean	median	CV%	n lich.	n trees
n:o of lichen species total/tree individuals total					44	20					37	20
n:o of lichens per tree: birch		11,0				1		10,0				1
n:o of lichens per tree: Norway spruce		11,4	12,0	20		8		11,5	11,0	21		8
n:o of lichens per tree: Scots pine		10,4	10,0	27		9		9,7	11,0	24		9
n:o of lichens per tree: Populus tremula		9,0				1		11,0				1
n:o of lichens per tree: Salix caprea		14,0				1		11,0				1
n:o of lichens per tree: all tree species		11,0	11,0	23		20		10,6	11,0	22		20
point freq. dominant 1, %	Hypo phy	11,8				15	Hypo phy	34,0				16
point freq. dominant 2, %	Parm amb	10,2				14	Parm amb	24,0				14
point freq. dominant 3, %	Bryo fus	6,6				14	Baci arc	9,0				1
sensitivity index per tree sp.: birch		3,1	3,1		11	1		2,4			5	1
sensitivity index per tree sp.: Norway spruce		3,7	4,3	42	12	8		2,7	2,7	24	6	8
sensitivity index per tree sp.: Scots pine		4,1	3,9	27	10	9		2,8	2,8	37	8	9
sensitivity index per tree sp.: Populus tremula		0,0	0,0		9	1		4,3			2	1
sensitivity index per tree sp.: Salix caprea		7,3	7,3		14	1		6,4			5	1
sensitivity index all tree species		3,9	3,9	44	21	20		3,0	2,6	39	19	20

Comments

Data collected from four circular plots with five trees each. On each tree trunk is one sample plot 40x40 cm with 400 points on which hits of lichens are observed giving point frequency. On the trunk between 50 and 200 cm above ground all species, besides those on the plot, are noted as to presence.

n:o of lichen species total = on and outside sample plots on all trees

n:o of lichens per tree = mean number of lichen species on and outside the sample plot per tree individual

sensitivity index per tree sp. = mean of all individuals of the resp. tree species; only lichens present on sample plots and having indicator values are included

n lich. = number of lichen species involved in the calculation

n trees = number of tree individuals on which observations were performed

Algae on needles and lichens on twigs of spruce

	1998			1999			2000			2001			2002			2003			2004			2005		
	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n
Gårdsjön																								
Algae																								
thickness on needles	1,7	1,7	19	20	-	-	-	-	2,4	2,3	17	6	1,95	n/a	6	6	2,2	n/a	16	6	1	n/a	0	6
age youngest needles with algae	3,2	3,0	48	20	-	-	-	-	2,1	2,0	7	6	2,1	n/a	7	6	2,9	n/a	5	6	4	n/a	13	6
no whorls with 5-50% needles	5,8	5,9	38	20	-	-	-	-	1,1	1,0	92	6	3,2	n/a	40	6	3,2	n/a	18	6	6,5	n/a	14	6
no whorls with >50% needles	10,7	10,2	26	20	-	-	-	-	9,9	10,5	15	6	7,7	n/a	6	6	6,5	n/a	12	6	2,4	n/a	66	6
Lichens																								
amount on branch	1,7	2,0	29	20	-	-	-	-	1,0	1,0	0	6	1,1	n/a	12	6	1,1	n/a	22	6	0,9	n/a	18	6
age youngest twig with lichen	4,8	4,5	47	20	-	-	-	-	4,7	4,7	13	6	5,1	n/a	12	6	4,7	n/a	20	6	4,2	n/a	20	6

^{*)} Few trees left due to partial destruction of sample site in 1999: replacement trees not attainable.

	1998			1999			2000			2001			2002			2003			2004			2005		
	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n
Aneboda																								
Algae																								
thickness on needles	1,9	2,0	14	20	1,9	2,0	13	20	2,0	2,0	6	20	1,2	n/a	26	20	1,3	n/a	23	20	0,96	n/a	16	20
age youngest needles with algae	2,2	2,2	11	20	2,0	2,0	3	20	2,1	2,7	7	20	2,4	n/a	20	20	2,8	n/a	11	20	3,24	n/a	20	20
no whorls with 5-50% needles	2,1	2,3	51	20	2,8	2,7	29	20	3,5	3,0	37	20	2,5	n/a	30	20	2,3	n/a	41	20	6,12	n/a	19	20
no whorls with >50% needles	8,0	8,0	17	20	6,7	6,9	19	20	6,4	6,5	21	20	6,2	n/a	11	20	5,6	n/a	12	20	1,87	n/a	50	20
Lichens																								
amount on branch	1,6	1,7	29	20	1,7	1,7	32	20	1,8	2,0	23	20	1,6	n/a	28	20	1,5	n/a	31	20	1,7	n/a	29	20
age youngest twig with lichen	3,7	3,7	24	20	3,7	3,7	19	20	4,4	5,7	15	20	5,1	n/a	25	20	4,5	n/a	26,0	20	4,2	n/a	22	20

	1998			1999			2000			2001			2002			2003			2004			2005		
	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n
Kindla																								
Algae																								
thickness on needles	1,9	2,0	40	20	2,0	2,0	27	20	2,1	2,0	17	20	2,2	n/a	9	20	1,8	n/a	16	20	0,97	n/a	10	20
age youngest needles with algae	4,1	3,7	29	20	3,5	3,3	28	20	3,2	3,0	20	20	3,5	n/a	24	20	3,4	n/a	10	20	4,4	n/a	19	20
no whorls with 5-50% needles	1,7	1,5	41	20	1,9	1,9	42	20	1,6	1,7	51	20	1,1	n/a	62	20	2,2	n/a	29	20	6,68	n/a	18	20
no whorls with >50% needles	9,0	9,2	14	20	9,0	9,0	14	20	8,5	8,5	11	20	8,6	n/a	10	20	6,9	n/a	13	20	3,03	n/a	33	20
Lichens																								
amount on branch	1,7	1,7	17	20	1,8	1,7	15	20	1,3	1,3	27	20	1,1	n/a	23	20	1,1	n/a	17	20	1,0	n/a	12	20
age youngest twig with lichen	5,4	4,9	29	20	5,8	5,3	23	20	6,2	5,9	22	20	7,5	n/a	20	20	8,5	n/a	18,0	20	6,6	n/a	24	20

	1998			1999			2000			2001			2002			2003			2004			2005		
	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n	mean	median	CV%	n
Gammtratten																								
Algae																								
thickness on needles	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0	334	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
age youngest needles with algae	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,0	312	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
no whorls with 5-50% needles	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,2	56	20	1,9	1,7	59	20	2,3	n/a	45	20	4,95	n/a	26	20
no whorls with >50% needles	-	-	-	-	-	-	-	-	11,7	11,8	13	20	9,8	n/a	18	20	5,9	n/a	32,0	20	3,16	n/a	38	20
Lichens																								
amount on branch	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6	3,0	22	20	1,8	n/a	20	20	2,64	n/a	17	20	2,6	n/a	15	20
age youngest twig with lichen	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	4,5	10	20	5,8	n/a	17	20	3,8	n/a	23,0	20	4,2	n/a	20	20

Comments

Observations on 3 branches each of 20 young spruces standing in openings.

n = number of trees observed

age youngest needles/twig is expressed in years

thickness (on that part of the branch which has the thickest cover) = scale: 1-thin, small patches, 2-

between 1 and 3, 3-thick, covering the needles

amount (on whole branch) = scale: 1-few, sparse, 2-between 1 and 3, 3-abundant, almost as much cover as needles

Understorey vegetation: intensive plot

2005							
Aneboda 2	species	list	mean %	median	CV%		n spec.
n:o of species total							35
cover field layer			7,0417	5,5	77		12
cover bottom layer			78	82	28		23
cover dominant 1	DICR MAJ	M2	54,708	62,5	46		
cover dominant 2	HYLO SPL	M2	12,2	6	138		
cover dominant 3	VACC MYR	B4	3,3	2	115		
						#sub plots	
plot frequency dominant 1	DICR MAJ	M2				24	
plot frequency dominant 2	HYLO SPL	M2				22	
plot frequency dominant 3	PLEU SCH	M2				21	
species diversity index (H')						2,3	
Equitability (J)						0,44	
Ellenberg N index (N)						n/a**	8
Ellenberg pH index (R)						3,3	27

2005							
Kindla 2	species	list	mean %	median	CV%		n spec.
n:o of species total							50
cover field layer			15,0	12	78		18
cover bottom layer			91	95	10		32
cover dominant 1	SPHA GIR	M2	58,406	75	65		
cover dominant 2	SPHA A/F	M2	11,6	0	218		
cover dominant 3	SPHA ANU	M2	9,1	0	117		
						#sub plots	
plot frequency dominant 1	SPHA GIR	M2				29	
plot frequency dominant 2	VACC MYR	B4				27	
plot frequency dominant 3	DESC FLE	B4				24	
species diversity index (H')						2,8	
Equitability (J)						0,49	
Ellenberg N index (N)						n/a**	12
Ellenberg pH index (R)						1,4	33

2005							
Gammtratten 2	species	list	mean %	median	CV%		n spec.
n:o of species total							82
cover field layer			39,677	35	51		40
cover bottom layer			65	65	31		42
cover dominant 1	SPHA GIR	M2	26,226	10	118		
cover dominant 2	HYLO SPL	M2	13,4	10	112		
cover dominant 3	LACT ALP	B4	10,1	2	219		
						#sub plots	
plot frequency dominant 1	LINN BOR	B4				29	
plot frequency dominant 2	VACC MYR	B4				29	
plot frequency dominant 3	DESC FLE	B4				28	
species diversity index (H')						4,5	
Equitability (J)						0,71	
Ellenberg N index (N)						n/a**	15
Ellenberg pH index (R)						2,5	46

Comments

Observations on intensive plot 40x40 m with 32 subplots 0,5x0,5 m distributed by stratified random sampling. list = Nordic Council of Ministers Code Centre: B4--vascular plants, M2--mosses, L2--lichens.

*Indices calculated with all sub-plots summed to one plot. Species diversity index: Shannon-Wiener $H' = -\sum(p_i \times \log_2 p_i)$, where p_i = proportional cover for species i . N- and R-indices based on Ellenberg indicator values: $\sum(c_i \times Ell_i) / \sum c_i$, where c_i = cover of species i and Ell_i = Ellenberg value for species i .

** Too few species with an Ellenberg value, to be calculated.

Chemistry of spruce needles and needles in litterfall

Gårdsjön 2005		Current needles				Current needles +1				Needles in litterfall			
Element	Unit	Mean	Median	CV%	n	Mean	Median	CV%	n ¹⁾	Mean	Median	CV%	n
Ca	µg/g dw	3124			2	3901			2	-	-	-	-
Mg	µg/g dw	1155			2	1031			2	-	-	-	-
Na	µg/g dw	181			2	188			2	-	-	-	-
K	µg/g dw	5824			2	4610			2	-	-	-	-
P	µg/g dw	1044			2	840			2	-	-	-	-
N	%	1,1			2	1,0			2	-	-	-	-
C	%	51			2	50			2	-	-	-	-
S	mg/g dw	0,7			2	0,6			2	-	-	-	-
C/N	weight basis	49			2	53			2	-	-	-	-
Cu	µg/g dw	2			2	2			2	-	-	-	-
Pb	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Zn	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Cd	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Hg	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Mn	µg/g dw	695			2	743			2	-	-	-	-
Al	µg/g dw	60			2	66			2	-	-	-	-
Fe	µg/g dw	50			2	55			2	-	-	-	-
Arginine	µmol/g dw												

Aneboda 2005		Current needles				Current needles +1				Needles in litterfall			
Element	Unit	Mean	Median	CV%	n	Mean	Median	CV%	n ¹⁾	Mean	Median	CV%	n
Ca	µg/g dw	-			-	-			-	6368	6033	9	3
Mg	µg/g dw	-			-	-			-	699	677	6	3
Na	µg/g dw	-			-	-			-	128	134	26	3
K	µg/g dw	-			-	-			-	1460	1568	22	3
P	µg/g dw	-			-	-			-	564	549	5	3
N	%	-			-	-			-	0,6	0,7	1	3
C	%	-			-	-			-	47	47	1	3
S	mg/g dw	-			-	-			-	0,6	0,6	5	3
C/N	weight basis	-			-	-			-	73	74	1	3
Cu	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Pb	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Zn	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Cd	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Hg	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Mn	µg/g dw	-			-	-			-	1547	1539	9	3
Al	µg/g dw	-			-	-			-	107	111	8	3
Fe	µg/g dw	-			-	-			-	58	59	10	3
Arginine	µmol/g dw												

Kindla 2005		Current needles				Current needles +1				Needles in litterfall			
Element	Unit	Mean	Median	CV%	n	Mean	Median	CV%	n ¹⁾	Mean	Median	CV%	n
Ca	µg/g dw	1941			2	2658			2	4615	4334	16	3
Mg	µg/g dw	747			2	714			2	544	557	7	3
Na	µg/g dw	70			2	101			2	69	69	9	3
K	µg/g dw	4732			2	4049			2	1003	1047	12	3
P	µg/g dw	764			2	712			2	344	344	2	3
N	%	1,0			2	1,0			2	0,5	0,5	3	3
C	%	51			2	51			2	48	47	1	3
S	mg/g dw	0,5			2	0,6			2	0,6	0,6	1	3
C/N	weight basis	52			2	52			2	92	92	3	3
Cu	µg/g dw	2			2	2			2	-	-	-	-
Pb	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Zn	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Cd	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Hg	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Mn	µg/g dw	555			2	673			2	1336	1348	14	3
Al	µg/g dw	33			2	50			2	135	127	12	3
Fe	µg/g dw	44			2	37			2	34	34	5	3
Arginine	µmol/g dw												

Gammtr. 2005		Current needles				Current needles +1				Needles in litterfall			
Element	Unit	Mean	Median	CV%	n	Mean	Median	CV%	n ¹⁾	Mean	Median	CV%	n
Ca	µg/g dw	3112			2	4252			2	5291	5486	8	3
Mg	µg/g dw	911			2	902			2	433	465	15	3
Na	µg/g dw	101			2	86			2	187	159	51	3
K	µg/g dw	5775			2	4442			2	950	777	39	3
P	µg/g dw	1490			2	1375			2	556	381	58	3
N	%	0,8			2	0,8			2	0,5	0,4	13	3
C	%	51			2	52			2	49	50	2	3
S	mg/g dw	0,6			2	0,6			2	0,6	0,6	12	3
C/N	weight basis	63			2	62			2	112	120	14	3
Cu	µg/g dw	2			2	2			2	-	-	-	-
Pb	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Zn	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Cd	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Hg	µg/g dw	-			-	-			-	-	-	-	-
Mn	µg/g dw	695			2	910			2	1141	1145	11	3
Al	µg/g dw	44			2	67			2	133	142	16	3
Fe	µg/g dw	42			2	63			2	53	53	12	3
Arginine	µmol/g dw												

Comments

Samples are taken in February-March near the crown top of ten trees on or near circular plots. Except for arginine they are mixed into two separate samples for analysis.

n = number of samples analysed

Biomass and bioelements in trees (≥5 cm dbh)

Gårdsjön		1991			1995			2000			2005		
Biom/Element	Unit	total	per hectare	n plots	total	per hectare	n plots	total	per hectare	n plots	total	per hectare	n plots
biomass	ton dw	555	150	18	605	163	18	625	168	18	717	194	18
C-tot	ton	272	73	18	296	80	18	306	83	18	358	97	18
N-tot	kg	1317	355	18	1433	386	18	1476	398	18	1904	515	18
P-tot	kg	135	36	18	147	40	18	152	41	18	204	55	18
K	kg	477	129	18	519	140	18	532	143	18	736	199	18
Ca	kg	896	241	18	974	263	18	1000	270	18	1320	357	18
Mg	kg	142	38	18	154	42	18	159	43	18	204	55	18
Fe	kg	39	11	18	43	11	18	43	12	18	57	15	18
Mn	kg	155	42	18	168	45	18	172	46	18	211	57	18
Zn	kg	16	4	18	17	5	18	18	5	18	21	6	18
Cu	kg	3	0,7	18	3	0,7	18	3	0,8	18	3	0,9	18
B	kg	2	0,4	18	2	0,5	18	2	0,5	18	2	0,6	18

Aneboda		1996			2001		
Biom/Element	Unit	total	per hectare	n plots	total	per hectare	n plots
biomass	ton dw	3880	204	40	4606	225	47
C-tot	ton	1901	100	40	2257	110	47
N-tot	kg	8450	445	40	9902	483	47
P-tot	kg	837	44	40	981	48	47
K	kg	3110	163	40	3623	177	47
Ca	kg	6560	345	40	7755	378	47
Mg	kg	991	52	40	1163	57	47
Fe	kg	316	17	40	378	18	47
Mn	kg	1200	63	40	1429	70	47
Zn	kg	145	8	40	176	9	47
Cu	kg	17	0,9	40	21	1,0	47
B	kg	13	0,7	40	15	0,7	47

Kindla		1998			2003		
Biom/Element	Unit	total	per hectare	n plots	total	per hectare	n plots
biomass	ton dw	3730	196	40	3966	198	41
C-tot	ton	1828	96	40	1943	97	41
N-tot	kg	9170	483	40	9693	485	41
P-tot	kg	788	41	40	869	43	41
K	kg	3460	182	40	3682	184	41
Ca	kg	6300	331	40	6671	334	41
Mg	kg	1010	53	40	1103	55	41
Fe	kg	136	7	40	183	9	41
Mn	kg	827	44	40	910	46	41
Zn	kg	69	4	40	113	6	41
Cu	kg	17	0,9	40	57	3	41
B	kg	10	0,5	40	51	3	41

Gammtratten		1999			2004		
Biom/Element	Unit	total	per hectare	n plots	total	per hectare	n plots
biomass	ton dw	4240	99	35	4481	104	35
C-tot	ton	2078	48	35	2195	51	35
N-tot	kg	9020	210	35	12119	282	35
P-tot	kg	1020	24	35	1285	30	35
K	kg	3740	87	35	4564	106	35
Ca	kg	7050	164	35	7217	168	35
Mg	kg	1070	25	35	1232	29	35
Fe	kg	357	8	35	310	7,2	35
Mn	kg	1290	30	35	1282	30	35
Zn	kg	126	3	35	136	3,2	35
Cu	kg	18	0,4	35	21	0,49	35
B	kg	14	0,3	35	11	0,26	35

Comments

Biomass estimated from measurements of trees on regularly distributed permanent sample plots and chemistry data from literature.

total = whole catchment

Månadsvärden på temperatur och nederbörd (P) i Gårdsjön 2005**jämfört med långtidsvärden från Säve och Alvhem.**

Månad	Temp a) Säve grad C	Temp 2005 Gårdsjön grad C	Översk./ undersk. grad C	P 1961-1990 b) Alvhem mm	P 2005 Gårdsjön mm	Översk./ undersk. mm
1	-1,6		nd	71	156	85
2	-1,6		nd	47	37	-10
3	1,2		nd	57	67	10
4	5,2		nd	50	52	2
5	10,9		nd	62	69	7
6	14,9	16,1	1,2	73	78	5
7	16,2	17,8	1,6	89	108	19
8	15,6	15,4	-0,2	91	138	47
9	12,2	13,1	0,9	107	69	-38
10	8,5	8,9	0,4	112	80	-32
11	3,7	4,6	0,9	109	143	34
12	0,3	2,0	1,7	83	90	7
Medel/Summa	7,1	11,1	4,0	951	1087	136

Månadsvärden på temperatur och nederbörd (P) i Aneboda 2005**jämfört med långtidsvärden från Växjö**

Månad	Temp a) Växjö grad C	Temp 2005 Aneboda grad C	Översk./ undersk. grad C	P 1961-1990 c) Växjö mm	P 2005 Aneboda IVL mm	Översk./ undersk. mm
1	-2,7	0,6	3,3	60	20	-40
2	-2,6	-2,6	-0,0	41	57	16
3	0,4	-2,4	-2,8	48	43	-5
4	4,9	5,4	0,5	46	32	-14
5	10,8	8,8	-2,0	56	32	-24
6	14,9	13,3	-1,6	64	77	13
7	15,9	16,8	0,9	87	179	92
8	15,2	13,0	-2,2	66	121	55
9	11,2	8,9	-2,3	82	26	-56
10	7,2	7,4	0,2	67	67	0
11	2,5	3,4	0,9	73	36	-37
12	-1,1	-0,8	0,3	65	87	22
Medel/Summa	6,4	6,0	-0,4	755	776	21

a) Månadsmedeltemperaturer 1961-90, källa: SMHI.

b) Korrigerad nederbörd, Alvhem (SMHI-bet 8200 korrektionsfaktor 1,18, källa: Data rörande Sveriges nederbörds klimat. Normalvärden för perioden 1961-90. SMHI Rapport 1991:81)

c) Korrigerad nederbörd, Växjö (SMHI-bet 6452 korrektionsfaktor 1,16)

d) Korrigerad nederbörd, Nyberget (SMHI-bet 9544 korrektionsfaktor 1,21)

e) Korrigerad nederbörd, Fredrika (SMHI-bet 14805 korrektionsfaktor 1,24)

Månadsvärden på temperatur och nederbörd (P) i Kindla 2005**jämfört med långtidsvärden från Knön och Nyberget.**

Månad	Temp a) Knön grad C	Temp 2005 Kindla grad C	Översk./ undersk. grad C	P 1961-1990 d) Nyberget mm korr	P 2005 d) Nyberget mm korr	Översk./ undersk. mm
1	-7,7		7,7	64	79	14
2	-6,9	-6,2	0,7	46	48	2
3	-3,2	-3,5	-0,3	51	46	-5
4	3,1	3,9	0,8	56	22	-34
5	9,3	7,6	-1,7	58	91	33
6	13,7	12,1	-1,6	80	79	-0
7	16,1	17,2	1,1	98	119	21
8	14,3	13,7	-0,6	102	101	-0
9	9,4	10,5	1,1	99	29	-70
10	4,1	5,3	1,2	87	95	8
11	-0,5	2,2	2,7	97	72	-25
12	-4,3	-2,8	1,5	68	102	34
Medel/Summa	4,0	5,5	1,5	905	883	-22

Månadsvärden på temperatur och nederbörd (P) i Gammtratten 2005**jämfört med långtidsvärden från Fredrika.**

Månad	Temp a) Fredrika grad C	Temp 2005 Gammtratten grad C	Översk./ undersk. grad C	P 1961-90 e) Fredrika mm	P 2005 e) Fredrika mm	Översk./ undersk. mm
1	-12,66	-5,1	7,6	43	54	10
2	-11,17	-8,1	3,1	33	41	8
3	-6,21	-6,7	-0,5	39	12	-27
4	-0,2	1,6	1,8	36	21	-15
5	6,6	4,4	-2,2	47	81	35
6	12,3	10,5	-1,8	62	107	46
7	13,9	14,7	0,8	109	99	-10
8	12	11,6	-0,4	85	194	108
9	6,98	8,0	1,0	77	47	-30
10	1,83	3,2	1,4	68	32	-36
11	-5,8	-1,1	4,7	59	26	-33
12	-10,58	-6,5	4,1	50	47	-2
Medel/Summa	0,6	2,2	1,6	708	761	53

a) Månadsmedeltemperaturer 1961-90, källa: SMHI.

b) Korrigerad nederbörd, Alvhem (SMHI-bet 8200 korrektionsfaktor 1,18, källa: Data rörande Sveriges nederbörds klimat. Normalvärden för perioden 1961-90. SMHI Rapport 1991:81)

c) Korrigerad nederbörd, Växjö (SMHI-bet 6452 korrektionsfaktor 1,16)

d) Korrigerad nederbörd, Nyberget (SMHI-bet 9544 korrektionsfaktor 1,21)

e) Korrigerad nederbörd, Fredrika (SMHI-bet 14805 korrektionsfaktor 1,24)

Uppmätt nederbörd (öppet fält), krondropp och avrinning i Gårdsjön 2005.

Kronavdunstning är beräknad som nederbörd minus krondropp. Enhet mm.

Månad	Nederbörd	Krondropp	Kronavdunstning	Avrinning	nederbörd - avrinning
1	156	91	65	139	17
2	37	25	12	26	12
3	67	48	19	55	12
4	52	37	15	41	12
5	69	57	12	7	62
6	78	51	26	12	66
7	108	87	21	4	104
8	138	100	38	26	113
9	69	50	18	12	57
10	80	61	18	32	48
11	143	84	59	93	50
12	90	51	39	62	28
Summa	1087	742	345	508	579
% av NBD	100%	68%	32%	47%	53%

Uppmätt nederbörd (öppet fält), krondropp och avrinning i Aneboda 2005.

Kronavdunstning är beräknad som nederbörd minus krondropp. Enhet mm.

Månad	Nederbörd	Krondropp	Kronavdunstning	Avrinning	nederbörd - avrinning
1	17	10	7	46	-29
2	49	23	26	19	30
3	37	29	8	20	17
4	28	22	6	27	1
5	28	23	5	11	17
6	66	55	12	11	55
7	154	49	105	17	137
8	104	82	21	27	77
9	22	18	4	8	14
10	58	52	6	17	41
11	31	33	-1	16	15
12	76	48	28	25	51
Summa	671	445	226	244	427
% av NBD	100%	66%	34%	36%	64%

Uppmätt nederbörd (öppet fält), krondropp och avrinning i Kindla 2005.

Kronavdunstning är beräknad som nederbörd minus krondropp. Enhet mm.

Månad	Nederbörd	Krondropp	Kronavdunstning	Avrinning	nederbörd - avrinning
1	62	24	37	69	-7
2	33	23	11	8	25
3	36	19	17	7	29
4	32	5	28	34	-2
5	89	59	30	14	75
6	83	56	27	18	65
7	82	27	55	5	77
8	99	67	31	7	92
9	51	31	20	5	46
10	59	57	2	21	38
11	73	48	25	46	27
12	76	60	16	34	42
Summa	774	476	298	268	506
% av NBD	100%	61%	39%	35%	65%

Uppmätt nederbörd (öppet fält), krondropp och avrinning i Gammtratten 2005.

Kronavdunstning är beräknad som nederbörd minus krondropp. Enhet mm.

Månad	Nederbörd	Krondropp	Kronavdunstning	Avrinning	nederbörd - avrinning
1	32	33	-2	2	30
2	28	32	-4	3	25
3	9	10	-1	42	-33
4	91	37	54	36	55
5	25	31	-6	101	-76
6	92	87	5	40	52
7	144	49	95	65	79
8	215	149	66	130	85
9	56	43	13	30	26
10	27	18	9	20	7
11	72	36	36	26	46
12	34	44	-10	7	27
Summa	824	568	255	502	322
% av NBD	100%	69%	31%	61%	39%

Important observations 2005

I denna årsrapport har vi använt nederbördsdata från provtagningen i öppet fältytan för att beräkna tungmetalldepositionen. Stormen Gudrun fällde ett 30-tal stor granar i IM-avrinningsområdet F1 i Gårdsjön. Stormen resulterade även i avbrott i klimatobservationerna p.g.a skador på utrustningen.

Åtta delytor (av 32) i intensvyta 2 förstördes av stormen i Aneboda. Inga nya ytor etablerades eftersom vi förväntade fler, sekundära stormskador. Nya ytor kommer att etableras vid nästa inventering då förhållandena förhoppningsvis stabiliserat sig.

In this report, bulk precipitation on opened fields has been used for estimating the metal deposition. At Gårdsjön, the storm Gudrun wind-felled 30 large Norway spruce trees and caused damage on the meteorological station, which created tangible data losses.

Eight subplots (out of 32) in intensive plot 2 in Aneboda were destroyed by the storm. No new plots were established as we expected further secondary storm damages. New plots will be established at next inventory when conditions hopefully have stabilized.